

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

"Anatomía interna de primeros premolares mandibulares en relación con la configuración de Vertucci: Un análisis mediante CBCT en Quito (2021-2024)"

TESIS

PAULA CAROLINA RAMIREZ GONZABAY

**María Fernanda Mora Coloma
Directora de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Endodoncista

Quito, abril de 2025

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

"Anatomía interna de primeros premolares mandibulares en relación con la configuración de Vertucci: Un análisis mediante CBCT en Quito (2021-2024)"

Paula Carolina Ramirez Gonzabay

Nombre del Director del Programa: José Eduardo Maldonado Paredes
Título académico: Especialista en endodoncia.
Director del programa de: Especialidad en Endodoncia

Nombre del Decano del colegio Académico: Paulina Aliaga
Título académico: Especialista en Cirugía Oral
Decano del Colegio: Escuela de odontología

Nombre del Decano del Colegio de Posgrados: Darío Niebieskikwiat
Título académico: Ph.D.

Quito, 25 de abril de 2025

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: Paula Carolina Ramirez Gonzabay

Código de estudiante: 0000335008

C.I.: 0926816729

Lugar y fecha: Quito, 25 de abril de 2025.

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a dios y la virgen, por acompañarme y guiarme siempre en este camino.

A mi mami Martha, por su amor, consejos y compañía incondicional.

A mi abuelita Gladys, por su confianza, sus palabras de aliento y su apoyo en esta etapa.

A mi novio Carlos, por su compañía, sus consejos y su presencia constante

A mis hijos gatunos, Mathias y Oliver, que llenan mis días de alegría

A mis abuelitos, Víctor y Walter, mis angelitos, que siempre me protegen.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por su guía y apoyo, así como por iluminarme con ideas para la construcción de este trabajo. a mis padres, por su respaldo en cada decisión y meta que me propuse, especialmente para continuar mis estudios de cuarto nivel. a mi familia, por sus palabras de aliento y su compañía, a pesar de la distancia.

A mis mejores amigas, Krystie E Inés, por escucharme cuando lo necesité, por sus consejos y por acompañarme en esta etapa. a mi novio Carlos, por su apoyo incondicional y su presencia en los momentos más difíciles. a mis hijos gatunos, Oliver y Mathias, cuya compañía es invaluable y llenan mis días de felicidad.

Expreso mi profundo agradecimiento a mi estimada tutora, la Doctora María Fernanda Mora, por su tiempo y sus consejos, que permitieron dar continuidad a este trabajo y obtener los resultados alcanzados. también al Doctor Camilo Pulido, por su dedicación en la revisión de la parte metodológica de este estudio.

A la Clínica de Odontología de la Universidad San Francisco, por proporcionar las tomografías necesarias para la realización de este estudio, y al equipo de rayos x, por la capacitación que me permitió manejar el software de análisis.

A mis profesores, quienes me acompañaron en este proceso de especialización en endodoncia; gracias por su enseñanza, paciencia y empatía. finalmente, a mis grandes amigas de este posgrado, Daniela y Evelyn, por compartir experiencias, apoyarnos mutuamente y estar siempre presentes.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la configuración de Vertucci en primeros premolares mandibulares mediante Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) en una muestra de pacientes en Quito durante el período 2021-2024. La motivación principal radica en la variabilidad anatómica de estos dientes, lo que puede influir en los tratamientos endodónticos y la planificación clínica.

Se llevó a cabo un estudio observacional transversal retrospectivo con 100 imágenes tomográficas de pacientes adultos de entre 18 y 60 años. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión rigurosos para garantizar la calidad de los datos. Las imágenes fueron obtenidas con el equipo Planmeca ProMax® 3D Mid y analizadas mediante el software Carestream Dental Imagen Suite V4, lo que permitió una evaluación detallada de la morfología interna de los conductos radiculares.

Los resultados evidenciaron que la configuración más frecuente fue el Tipo I de Vertucci, con un 85% en la pieza 34 y un 92% en la pieza 44. Las configuraciones Tipo V y Tipo III se encontraron en menor proporción. No se identificó una relación estadísticamente significativa entre la configuración de Vertucci y la edad de los pacientes ($p > 0,05$), lo que sugiere que la anatomía interna de estos dientes permanece estable con el tiempo. De manera similar, el género no mostró una influencia significativa en la distribución de las configuraciones, aunque se observó una tendencia hacia una mayor prevalencia del Tipo V en mujeres.

El estudio resalta la importancia del CBCT como herramienta diagnóstica en endodoncia, permitiendo la identificación de variaciones anatómicas que podrían pasar desapercibidas con

técnicas convencionales. La información obtenida tiene implicaciones clínicas relevantes, mejorando la planificación de tratamientos endodónticos y reduciendo el riesgo de errores en la instrumentación y obturación de los conductos.

Se recomienda la integración del CBCT en la evaluación preoperatoria de premolares mandibulares para optimizar los procedimientos endodónticos y mejorar el pronóstico clínico. Además, futuras investigaciones con muestras más amplias y en diferentes poblaciones podrían contribuir a una mayor comprensión de la variabilidad anatómica de estos dientes.

Palabras claves:

Configuración de Vertucci, CBCT (tomografía computarizada de haz cónico), Conductos radiculares, Endodoncia, Preparación de conductos radiculares

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the Vertucci configuration in mandibular first premolars using Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in a sample of patients in Quito during the period 2021-2024. The primary motivation lies in the anatomical variability of these teeth, which can influence endodontic treatments and clinical planning.

A retrospective cross-sectional observational study was conducted with 100 tomographic images of adult patients aged between 18 and 60 years. Rigorous inclusion and exclusion criteria were applied to ensure data quality. The images were obtained using the Planmeca ProMax® 3D Mid equipment and analyzed using the Carestream Dental Image Suite V4 software, allowing for a detailed evaluation of the internal morphology of the root canals.

The results showed that the most frequent configuration was Vertucci Type I, with 85% in tooth 34 and 92% in tooth 44. Type V and Type III configurations were found in smaller proportions. No statistically significant relationship was identified between Vertucci configuration and patient age ($p > 0.05$), suggesting that the internal anatomy of these teeth remains stable over time. Similarly, gender did not show a significant influence on the distribution of configurations, although a trend towards a higher prevalence of Type V in women was observed.

The study highlights the importance of CBCT as a diagnostic tool in endodontics, enabling the identification of anatomical variations that might go unnoticed with conventional techniques. The information obtained has relevant clinical implications, improving the planning of endodontic treatments and reducing the risk of errors in canal instrumentation and obturation.

The integration of CBCT in the preoperative evaluation of mandibular premolars is recommended to optimize endodontic procedures and improve clinical prognosis. Additionally, future research with larger samples and in different populations could contribute to a better understanding of the anatomical variability of these teeth.

Keywords:

Vertucci configuration, CBCT (Cone Beam Computed Tomography), Root canals, Endodontics, Root canal preparation

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	9
Introducción.....	15
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	18
1. Anatomía del primer premolar mandibular	18
1.1. Características generales del Primer premolar mandibular.....	18
1.1.2. Ubicación y función	18
1.1.3. Morfología externa del Primer Molar Mandibular	18
1.1.3.1 Corona	18
1.1.3.2 Raíces.....	19
1.1.4. Características Morfologías Internas Del Primer Premolar Mandibular.....	20
1.1.4.1. Cámara Pulpar	20
1.2.2. Conductos Radiculares	21
1.3. Factores Que Influyen En La Variabilidad Anatómica.....	22
1.3.1. Factores Genéticos	22
1.3.2. Factores Ambientales	23
1.3.3. Etnia y Género	23
2. Variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares	23
2.1 Conductos accesorios o laterales.....	24
2.2 Conductos en C o S	25
2.3 Dilaceraciones radiculares.....	26
2.4 Conductos calcificados.....	27
2.5 Conductos fusionados.....	28
2.6 Conductos múltiples.....	29
3. Anatómicas Complejas En Premolares Mandibulares.....	30
3.1. Variaciones en el número de raíces	30
3.1.1. Premolares con una raíz única:	30
3.1.2. Premolares con dos raíces separadas:.....	30
3.1.3. Premolares con raíces fusionadas:	31
3.2. Variaciones en la configuración de los conductos radiculares.....	32

3.3. Fusión y gemación radicular	33
3.4. Dilatación radicular o taurodontismo.....	33
3.5 Hiper cementosis	34
3.6 Surco Palatino Gingival.....	34
4. Clasificación de anatomía dental interna.....	35
4.1 Clasificación de Anatomía Dental interna según Vertucci	35
4.2. Descripción de las clases de Vertucci	35
4.3. Variabilidad de la configuración de Vertucci.....	36
4.3.1 Factores anatómicos y genéticos:.....	37
4.3.2 Factores relacionados con el desarrollo:.....	37
4.3.3. Factores ambientales:.....	37
4.3.4. Relevancia clínica de la variabilidad:.....	38
4.4. Relevancia clínica de la configuración de Vertucci.....	38
5. Métodos de análisis de la morfología interna del sistema de conductos radiculares.....	39
5.1. Métodos convencionales de análisis	40
5.1.1. Radiografías periapicales	40
5.1.2. Técnica de diafanización.....	40
5.1.3. Cortes histológicos	41
5.2. Métodos contemporáneos de análisis tridimensional	41
5.2.1. Microtomografía computarizada (Micro-CT)	41
5.2.2. Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	42
5.2.3. Escaneo óptico digital.....	43
6. CBCT (tomografía computarizada de haz cónico)	44
6.1. Introducción al CBCT.....	44
6.2. Principios de funcionamiento del CBCT	44
6.2.2. Formación de la imagen tridimensional.....	45
6.2.3. Proceso de reconstrucción volumétrica	46
6.3. Ventajas de la CBCT en odontología.....	46
6.3.1. Alta resolución y visualización tridimensional.....	47
6.3.2. Reducción de distorsiones y superposiciones anatómicas.....	48
6.3.3. Menor exposición a la radiación en comparación con otras tomografías convencionales.....	49

6.4. Aplicaciones del CBCT en endodoncia.....	50
6.4.1. Identificación de variaciones en la anatomía de los conductos.....	50
6.4.2. Detección de alteraciones radiculares y pulparas.....	52
6.4.3. Planificación de tratamientos endodónticos complejos	53
6.5. Limitaciones y desafíos del uso de cbct.....	55
6.5.1. Costo y accesibilidad.....	56
6.5.2. Interpretación de imágenes y necesidad de especialistas.....	56
6.5.3. Artefactos de imagen y su impacto en el diagnóstico.....	57
Metodología y diseño de la investigación.....	59
Análisis estadístico:	63
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	73
Referencias.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1. Caracterización de la muestra</u>	65
<u>Tabla 2. Cantidad de raíces.....</u>	66
<u>Tabla 3. Clasificación de Vertucci por premolar mandibular</u>	66
<u>Tabla 4. Nivel de bifurcación del conducto.....</u>	67
<u>Tabla 5 nivel de fusión radicular del conducto.....</u>	68
<u>Tabla 6. Clasificación de Vertucci por pieza y edad.....</u>	69
<u>Tabla 7. Clasificación de Vertucci por pieza y género.....</u>	69

INTRODUCCIÓN

La Endodoncia es un procedimiento dental esencial cuyo objetivo principal es salvar dientes dañados o infectados mediante la eliminación de la pulpa dental afectada y la protección del diente contra futuras infecciones (Patel et al., 2007). Este tratamiento se centra en la prevención y manejo de la periodontitis apical, una inflamación de los tejidos alrededor del ápice de la raíz dental (Gupta et al., 2015). La persistencia de esta afección después del tratamiento se considera un resultado insatisfactorio, a menudo atribuible a desafíos técnicos durante la intervención endodóntica (Burklein et al., 2017). El éxito del tratamiento depende de la capacidad para dar forma, desinfectar y obturar adecuadamente los conductos radiculares, asegurando la eliminación completa de bacterias y tejido necrótico (Nazeer et al., 2018).

La anatomía de los conductos radiculares, especialmente en los primeros premolares mandibulares, presenta una variabilidad significativa y desafíos importantes para los profesionales dentales (Al Mheiri et al., 2020). Esta variación anatómica es crucial de entender, ya que puede tener implicaciones directas en el tratamiento endodóntico (Allawi et al., 2023). La complejidad de estas estructuras radiculares, como la presencia de múltiples canales, sistemas en forma de C y surcos radiculares, puede dificultar su identificación y tratamiento (Nazeer et al., 2018). Por tanto, profundizar en la anatomía interna de los primeros premolares mandibulares es fundamental para el éxito de los procedimientos endodónticos, a menudo utilizando técnicas avanzadas de imagen como la radiografía, la tomografía micro computarizada (micro-CT) y la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) (Burklein et al., 2017). Estas herramientas permiten una documentación detallada de la morfología de los conductos radiculares, esencial para una planificación y ejecución precisas del tratamiento endodóntico (Al Mheiri et al., 2020).

En los últimos años, los avances en la tecnología de imágenes han revolucionado el campo de la endodoncia. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se ha convertido en una herramienta indispensable para la evaluación tridimensional de la anatomía dental (Patel et al., 2007). Este método proporciona imágenes de alta resolución y permite una visualización precisa de la morfología de los conductos radiculares, facilitando la identificación de variaciones anatómicas y mejorando la planificación del tratamiento endodóntico (Weber et al., 2015). Además, la CBCT permite a los profesionales realizar diagnósticos más precisos y diseñar estrategias de tratamiento más efectivas, reduciendo así el riesgo de fracasos endodónticos(Magalhaes et al., 2022). A pesar de estos avances tecnológicos, existen limitaciones inherentes en el estudio de la anatomía de los conductos radiculares(Zheng et al., 2010). Una de las principales limitaciones es la variabilidad anatómica entre individuos, lo que puede complicar la generalización de los hallazgos(Algarni et al., 2021). Además, la interpretación de las imágenes de CBCT requiere un alto nivel de experiencia y conocimiento especializado, lo que puede no estar disponible en todas las prácticas clínicas(Moreno et al., 2021). En el contexto de este estudio, se utilizará la tecnología CBCT para investigar la configuración de los conductos radiculares en los primeros premolares mandibulares, abordando estas limitaciones mediante un enfoque riguroso y sistemático (Magalhaes et al., 2022).

La clasificación de Vertucci es una de las herramientas más utilizadas para categorizar la configuración de los conductos radiculares en odontología (Vertucci, 1984). Diseñada por Vertucci en 1984, esta clasificación identifica ocho tipos distintos de configuraciones de conductos, proporcionando una guía esencial para los profesionales dentales y ayudándoles a

anticipar las posibles variaciones anatómicas y a planificar el tratamiento endodóntico de manera más efectiva (Vertucci & Bucher, 1979). Aunque el estudio de la anatomía de los conductos radiculares ha avanzado significativamente, aún existe una falta de investigación detallada sobre la configuración de Vertucci en los primeros premolares mandibulares en la región de Quito, Ecuador (Moreno et al., 2021). Este estudio busca llenar esta brecha, proporcionando datos cruciales que podrían mejorar la práctica clínica en esta área (Vertucci, 1978).

El objetivo principal de este estudio es caracterizar la prevalencia de los diferentes tipos de configuración de Vertucci en los primeros premolares mandibulares de una población en Quito, utilizando CBCT. Los resultados esperados no solo contribuirán a la práctica clínica local, sino que también enriquecerán el conocimiento global sobre la morfología dental y su relevancia en los procedimientos endodónticos. Este estudio tiene el potencial de identificar variaciones anatómicas significativas que podrían impactar en el éxito de los tratamientos, proporcionando una base para futuras investigaciones y mejorando la formación de los profesionales en el campo de la endodoncia.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1. ANATOMÍA DEL PRIMER PREMOLAR MANDIBULAR

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PRIMER PREMOLAR MANDIBULAR.

Los primeros premolares mandibulares presentan una gran variabilidad anatómica tanto en su morfología externa como interna, a continuación, se describen las características más comunes:(Fouad, 2017).

1.1.2. UBICACIÓN Y FUNCIÓN

El primer premolar mandibular se localiza en la arcada dental inferior, específicamente entre el canino mandibular y el segundo premolar mandibular, es el cuarto diente desde la línea media de la mandíbula, contando desde los incisivos centrales (Marceliano-Alves et al., 2023). Su principal función en la masticación es triturar y desgarrar los alimentos, actuando como un puente entre las funciones de corte de los incisivos y caninos y las funciones de molienda de los molares (Tassoker & Sener, 2018).

1.1.3. MORFOLOGÍA EXTERNA DEL PRIMER MOLAR MANDIBULAR

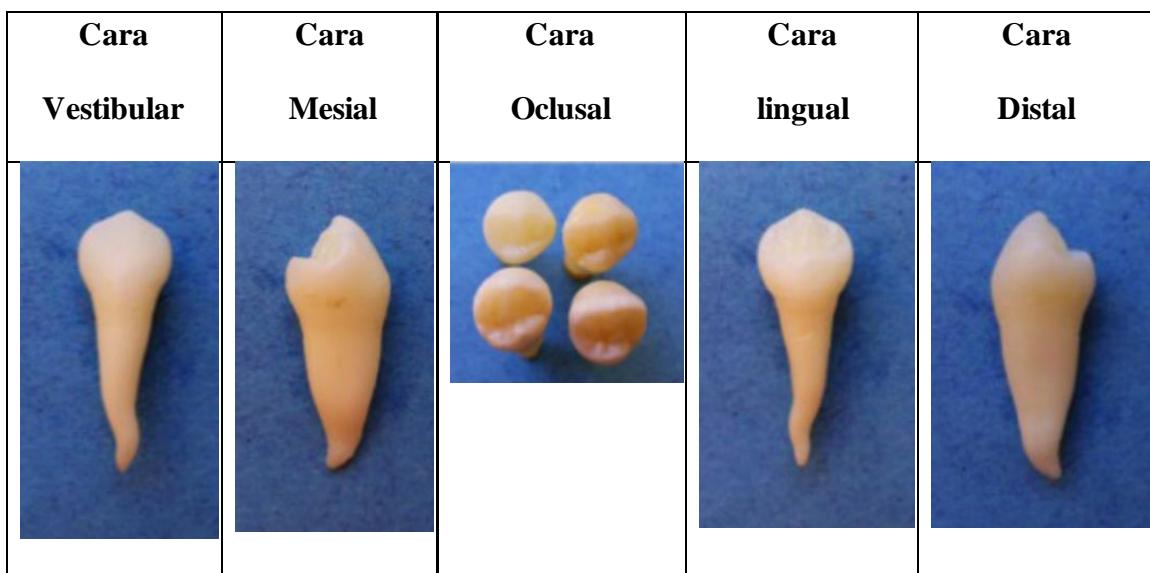
1.1.3.1 CORONA

El primer premolar mandibular se caracteriza por una corona relativamente alta y robusta, esta corona generalmente presenta dos cúspides principales (Chen et al., 2022). Una

cúspide bucal y una cúspide lingual, la cúspide bucal es más grande y prominente que la cúspide lingual, la cúspide bucal tiene una forma puntiaguda, mientras que la cúspide lingual es más redondeada y pequeña (Drukteinis et al., 2019). Entre estas cúspides, se encuentran las fosas centrales y mesiales, que son depresiones notables en la superficie oclusal, las crestas marginales mesial y distal también son características prominentes de la corona, actuando como bordes elevados que enmarcan las fosas y cúspides (Marceliano-Alves et al., 2023).

1.1.3.2 RAÍCES

El primer premolar mandibular típicamente tiene una raíz única, aunque en algunos casos puede presentar dos raíces separadas (una bucal y una lingual), la morfología radicular puede variar significativamente(Torabinejad & White, 2016). Cuando presenta una sola raíz, esta puede tener una curvatura leve o moderada, comúnmente hacia distal, en términos de conductos radiculares, este diente usualmente contiene uno o dos conductos, si hay un solo conducto, suele ser amplio y ovalado en sección transversal(Allawi et al., 2023). Si hay dos conductos, estos generalmente se ubican en las posiciones bucal y lingual dentro de la raíz, los conductos radiculares siguen un trayecto generalmente recto, pero pueden presentar curvaturas y ramificaciones que complican los procedimientos endodónticos(Bonaccorso et al., 2009).



1.1.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLOGÍAS INTERNAS DEL PRIMER PREMOLAR MANDIBULAR

La morfología interna del primer premolar mandibular es una de las más variables en la dentición humana, lo que presenta desafíos en su tratamiento endodóntico (Hartmann et al., 2013). Para un manejo clínico adecuado, es crucial conocer la estructura interna del diente, que incluye tanto la cámara pulpar como los conductos radiculares (Ng et al., 2010).

1.1.4.1. CÁMARA PULPAR

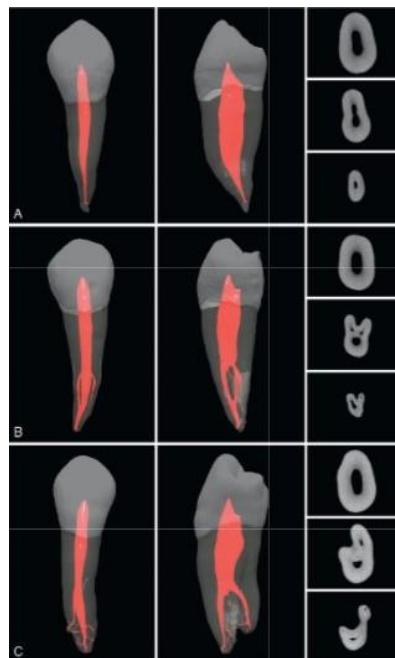
La cámara pulpar es la cavidad interna que contiene la pulpa dental y se ubica en la porción coronaria del diente, en el primer premolar mandibular, su forma y tamaño dependen de la morfología externa de la corona (Sierra-Cristancho et al., 2021). En vista coronal, la cámara pulpar suele reflejar la morfología del diente, siendo generalmente ovalada, con un techo y un piso pulpar donde se originan los conductos radiculares (Trope et al., 1986). La

cámara está alineada principalmente con la cúspide vestibular, que es la más prominente, mientras que la cúspide lingual tiene menor influencia en su extensión, la altura de las paredes de la cámara varía según el desgaste del diente, siendo más grande y con paredes más delgadas en dientes jóvenes, y reduciéndose considerablemente con la edad debido a la deposición de dentina secundaria (Gu et al., 2013). La forma y orientación de la cámara son cruciales para un acceso endodóntico adecuado, que debe permitir una entrada directa a los conductos radiculares sin comprometer las estructuras internas del diente (Wolf et al., 2020).

1.2.2. CONDUCTOS RADICULARES

El primer premolar mandibular presenta un solo conducto radicular en el 70-80% de los casos, aunque entre el 20-30% pueden tener dos o más conductos (Ahmad & Alenezi, 2016). Según la clasificación de Vertucci, los ajustes más comunes son el Tipo I (un solo conducto) y el Tipo IV (dos conductos separados), también pueden observarse los Tipos II y V, con bifurcación o fusión de conductos (Ahmed & Hashem, 2016).

Estos conductos suelen ser curvos, especialmente en la zona apical, y pueden presentar ramificaciones o conductos accesorios, lo que complica el tratamiento endodóntico (Trope et al., 1986). La longitud promedio es de 21-23 mm, la tomografía CBCT es fundamental para identificar variaciones anatómicas que no son visibles en radiografías convencionales, lo cual es clave para el éxito del tratamiento y evitar fracasos por conductos no tratados (Beljic-Ivanovic & Teodorovic, 2010).



1.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIABILIDAD ANATÓMICA

La variabilidad anatómica en la morfología de los conductos radiculares es un factor clave en endodoncia, pues determina la complejidad de los tratamientos, esta variabilidad depende de factores tanto genéticos como ambientales, y se ha observado que influencias étnicas y de género pueden predisponer a patrones específicos de los conductos.(Ahmed & Dummer, 2018)

1.3.1. FACTORES GENÉTICOS

Los estudios han demostrado que la morfología dental tiene una fuerte influencia genética, por ejemplo, ciertos genes están asociados con la formación y desarrollo de los dientes y sus estructuras internas, incluidos los conductos radiculares(Ahmed & Dummer, 2018). Esta predisposición genética puede dar lugar a configuraciones específicas, como

conductos en forma de C, que presentan retos en la localización y limpieza completa de los mismos(Ahmed & Hashem, 2016).

1.3.2. FACTORES AMBIENTALES

Factores externos, como el tipo de dieta, hábitos masticatorios y cambios en el entorno bucal, pueden influir en la anatomía dental (Ajuz et al., 2013). Las fuerzas masticatorias que generan ciertos alimentos pueden moldear la morfología dental a lo largo de los años, además, la exposición a sustancias específicas o cambios hormonales puede impactar el desarrollo de las raíces y conductos radiculares (Bonaccorso et al., 2009).

1.3.3. ETNIA Y GÉNERO

Se ha documentado que ciertos patrones de conductos radiculares son más comunes en algunas etnias, por ejemplo, los conductos en forma de C son más prevalentes en poblaciones asiáticas, mientras que la configuración de Vertucci puede variar en frecuencia entre diferentes grupos étnicos (Chaniotis & Ordinola-Zapata, 2022). Además, algunos estudios han indicado diferencias en la morfología de los conductos entre géneros, lo cual podría estar relacionado con diferencias en tamaño y forma dental (Chen et al., 2022).

2. VARIACIONES ANATÓMICAS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES

Los dientes, con su compleja estructura anatómica, pueden exhibir una variedad de alteraciones en la forma y disposición de sus conductos radiculares. Estas anomalías pueden incluir la presencia de conductos accesorios, conductos calcificados, bifurcaciones

y divergencias anatómicas, entre otras (Vertucci, 1978). La identificación y comprensión de estas variaciones anatómicas son cruciales para llevar a cabo un tratamiento endodóntico eficaz y prevenir posibles complicaciones durante el procedimiento (Patel et al., 2009). La detección de estas alteraciones puede requerir el uso de técnicas avanzadas de imagen, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), que proporciona una visualización tridimensional detallada de la anatomía radicular(Patel et al., 2007). Además, es fundamental que el endodoncista tenga un conocimiento profundo de la anatomía dental normal y de las posibles variantes, así como habilidades técnicas avanzadas para abordar con éxito estas situaciones (Vertucci & Bucher, 1979).

2.1 CONDUCTOS ACCESORIOS O LATERALES

Los conductos accesorios o laterales son ramificaciones adicionales que se desvían del conducto radicular principal (Siqueira & Rocas, 2008).Estas variaciones anatómicas pueden representar un desafío significativo durante el tratamiento endodóntico debido a su complejidad y ubicación impredecible (Ng et al., 2010). A continuación, se proporciona información más detallada sobre estos conductos; pueden estar presentes en cualquier punto a lo largo de la longitud de la raíz, desde la zona cervical hasta la región apical(Wolf et al., 2021). Estos conductos suelen tener un diámetro más pequeño en comparación con el conducto principal (Kuoch et al., 2023). Pueden adoptar diversas morfologías, incluyendo formas rectas, curvadas o incluso ramificaciones adicionales (Nazeer et al., 2018). Los conductos accesorios o laterales pueden contener tejido pulpar vital, así como restos de tejidos y fluidos (Siqueira & Rocas, 2008). Estos conductos permiten el intercambio de nutrientes y desechos entre el tejido pulpar y el ligamento periodontal, desempeñando un papel importante en el mantenimiento de la vitalidad pulpar (Ahmed &

Hashem, 2016). La presencia de conductos accesorios aumenta el riesgo de dejar áreas sin tratar, lo que puede conducir a la persistencia de infecciones y, en última instancia, al fracaso del tratamiento endodóntico (Al Mheiri et al., 2020). Estos conductos pueden ser difíciles de localizar y tratar debido a su pequeño diámetro y ubicación impredecible (Ahmed & Hashem, 2016). La desinfección adecuada de los conductos accesorios es crucial para eliminar completamente los restos de tejidos y microorganismos (Ricucci & Siqueira, 2010). Pueden ser fuentes potenciales de filtración y reinfección si no se sellan adecuadamente durante la obturación del conducto radicular (VanGheluwe & Wilcox, 1996).

2.2 CONDUCTOS EN C O S

Los conductos en C generalmente se encuentran en dientes con una sola raíz, como los segundos molares mandibulares, los premolares mandibulares y los dientes maxilares(Ajuz et al., 2013). Estos conductos presentan una configuración en forma de semicírculo o de letra C, con una fisura longitudinal o hendidura que comunica las diferentes partes del conducto(Bonaccorso et al., 2009). Los conductos en S exhiben una curvatura pronunciada en forma de S a lo largo de la raíz. Ambas configuraciones pueden tener múltiples conductos o canales interconectados dentro de la misma cavidad radicular(Chen et al., 2022). La compleja anatomía de estos conductos dificulta su localización y limpieza adecuada durante el tratamiento endodóntico(Mahmoud et al., 2024) Existe un alto riesgo de dejar áreas sin tratar, lo que puede conducir a la persistencia de infecciones y fracasos en el tratamiento(Ajuz et al., 2013). La instrumentación y la obturación de estos conductos pueden ser complicadas debido a su forma irregular y las

áreas de comunicación entre los diferentes canales(Fransson & Dawson, 2023). Pueden presentar un alto riesgo de perforación radicular durante la instrumentación si no se tiene un conocimiento adecuado de su morfología(Bonaccorso et al., 2009). El uso de técnicas de imagen avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), es fundamental para detectar y evaluar la presencia de estos ajustes antes del tratamiento(Schafer et al., 2002). Durante el tratamiento, la utilización de magnificación (lupas o microscopios operatorios) y la aplicación de tintes pueden facilitar la visualización y localización de los conductos(Cleghorn et al., 2006). Se recomienda el uso de técnicas de instrumentación y desinfección mejoradas, como la irrigación ultrasónica y la activación de soluciones irrigantes, para mejorar la limpieza de estas áreas complejas(Ceyhanli et al., 2015). La obturación hermética de todo el sistema de conductos, incluyendo las áreas interconectadas, es crucial para el éxito a largo plazo del tratamiento (Moreno et al., 2021).

2.3 DILACERACIONES RADICULARES

Las dilaceraciones se caracterizan por una curvatura abrupta o un ángulo agudo en la raíz del diente, en contraste con las curvaturas suaves y graduales normales (Ahmed & Hashem, 2016). Pueden ocurrir en cualquier dirección, incluyendo curvaturas hacia vestibular, lingual, mesial o distal (Schafer et al., 2002). Las dilaceraciones pueden ser el resultado de traumatismos o impactos durante el desarrollo de la raíz o pueden estar asociadas con la presencia de quistes u otros factores que causan alteraciones en el patrón de formación radicular (Lin et al., 1982). Pueden dificultar el acceso y la instrumentación del conducto radicular, aumentando el riesgo de transporte, escalones y perforaciones radiculares

(Burklein et al., 2017). Estas curvaturas bruscas también pueden complicar la obturación adecuada del conducto radicular, ya que los materiales de obturación pueden no fluir fácilmente a través de las angulaciones pronunciadas (Nazeer et al., 2018). En casos severos, las dilaceraciones pueden impedir el acceso al tercio apical del conducto radicular, dificultando la limpieza, desinfección y obturación completa de esta área crítica (Torabinejad & White, 2016). Las dilaceraciones radiculares pueden detectarse inicialmente mediante radiografías periapicales, aunque las imágenes bidimensionales tienen limitaciones para evaluar la verdadera angulación y dirección de la curvatura (Jacobsen et al., 1994). El uso de técnicas de imagen tridimensionales, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), puede proporcionar información más detallada sobre la ubicación, angulación y severidad de las dilaceraciones radiculares(Algarni et al., 2021). El manejo de las dilaceraciones radiculares requiere una cuidadosa preparación biomecánica, utilizando técnicas de instrumentación específicas, como el recurrvar las limas, el uso de limas flexibles y la técnica de instrumentación corono-apical (Nazeer et al., 2018). En casos severos, puede ser necesario realizar procedimientos quirúrgicos, como una apicectomía o una cirugía endodóntica para poder acceder y tratar adecuadamente la zona apical del conducto radicular(Patel et al., 2007).

2.4 CONDUCTOS CALCIFICADOS

La presencia de conductos calcificados representa un desafío importante en tratamientos endodónticos debido a la dificultad de localización y tratamiento preciso de los conductos radiculares (Al-Zubaidi et al., 2022). La calcificación puede ocultar la ubicación exacta de los conductos, incrementando el riesgo de complicaciones durante la instrumentación y

obturación, y elevando la probabilidad de fracturas de instrumentos debido a la dureza adicional de la estructura calcificada (Kuoch et al., 2023). Para abordar estas dificultades, se emplean tecnologías avanzadas como la microscopía dental y la tomografía computarizada, que permiten una visualización detallada y facilitan la identificación de los conductos calcificados, mejorando la precisión del tratamiento (Masse et al., 2023). También se recomienda el uso de instrumentación especializada, como limas y fresas diseñadas específicamente para superar la dureza del tejido calcificado(Omarova et al., 2022).

Además, el manejo de guías para el abordaje más preciso de estas zonas calcificadas se ha convertido en una estrategia clave para alcanzar la permeabilidad de los conductos(Ng et al., 2010). Estas guías, basadas en imágenes tridimensionales y planificación digital, permiten una localización más exacta del trayecto radicular, reduciendo el riesgo de perforaciones y mejorando los pronósticos del tratamiento(Abuabara et al., 2013). Una evaluación exhaustiva previa, con radiografías detalladas o imágenes tridimensionales, es esencial para planificar adecuadamente el abordaje en estos casos, minimizando riesgos y aumentando la efectividad del procedimiento endodóntico(Tiepo et al., 2017).

2.5 CONDUCTOS FUSIONADOS

Los conductos fusionados, una anomalía morfológica común en molares, especialmente en los superiores, ocurren cuando dos o más conductos radiculares se fusionan durante el desarrollo dental, dando lugar a una anatomía compleja y variable(Ordinola-Zapata et al., 2019). Pueden presentarse con diversas morfologías, que van desde fusiones parciales hasta completas, con canales de formas irregulares y trayectorias impredecibles, esta variabilidad dificulta tanto el diagnóstico como el tratamiento endodóntico, ya que es

común encontrar combinaciones de conductos fusionados y no fusionados en un mismo diente(Marcano-Caldera et al., 2019). Para un diagnóstico preciso, se recomienda el uso de técnicas avanzadas de imagen, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), que permite una evaluación detallada de la anatomía radicular(Mashyakhy et al., 2020). En el tratamiento endodóntico, la complejidad de estos conductos requiere una comprensión profunda de la morfología dental para asegurar un abordaje adecuado y exitoso(Yang et al., 2021).

2.6 CONDUCTOS MÚLTIPLES

Los conductos múltiples presentan desafíos significativos en el tratamiento endodóntico, tales desafíos pueden incluir la localización precisa de todos los conductos, la limpieza y conformación adecuada de cada uno, y la obturación hermética para prevenir la reinfección(de Almeida-Gomes et al., 2009). La complejidad de la anatomía radicular asociada con conductos múltiples puede aumentar la dificultad del tratamiento y afectar directamente la tasa de éxito de los procedimientos endodónticos(Bonaccorso et al., 2009).La detección precisa de conductos múltiples es fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico, la revisión de técnicas radiográficas, el uso de microscopios y tecnologías de imagen avanzadas, así como la comprensión de la variabilidad anatómica, son aspectos relevantes para la detección eficaz de conductos múltiples (Beljic-Ivanovic & Teodorovic, 2010). Además, la discusión de enfoques y estrategias de tratamiento específicos para dientes con conductos múltiples, así como la evaluación de la efectividad de tales enfoques, son componentes esenciales en la comprensión de la detección y el tratamiento de esta variación anatómica(Lin et al., 2021).

3. ANATÓMICAS COMPLEJAS EN PREMOLARES MANDIBULARES

El conocimiento profundo de la anatomía de los premolares es de vital importancia en el campo de la endodoncia, ya que estos dientes presentan una alta variabilidad anatómica y pueden representar desafíos significativos durante el tratamiento de conductos radiculares, una comprensión detallada de la anatomía interna de los premolares es crucial para asegurar el éxito a largo plazo del tratamiento endodóntico(Gupta et al., 2015).

3.1. VARIACIONES EN EL NÚMERO DE RAÍCES.

3.1.1. PREMOLARES CON UNA RAÍZ ÚNICA:

Algunos premolares mandibulares pueden presentar una sola raíz en lugar de dos, lo que puede complicar el tratamiento endodóntico, en estos casos, la localización y el acceso al conducto único pueden ser diferentes a los premolares con dos raíces, lo que requiere una cuidadosa planificación y técnicas específicas para garantizar un tratamiento exitoso(Vertucci, 1978). Además, la forma y la anatomía del conducto único pueden variar, lo que aumenta la complejidad del procedimiento y la necesidad de un examen radiográfico detallado para una correcta identificación y tratamiento(Cleghorn et al., 2006).

3.1.2. PREMOLARES CON DOS RAÍCES SEPARADAS:

La variación más común en premolares mandibulares implica dos raíces separadas estas raíces pueden tener diferentes longitudes y curvaturas, lo que representa un desafío durante el tratamiento endodóntico(Bonaccorso et al., 2009). La instrumentación cuidadosa es necesaria para asegurar la limpieza completa de ambos conductos radiculares y evitar

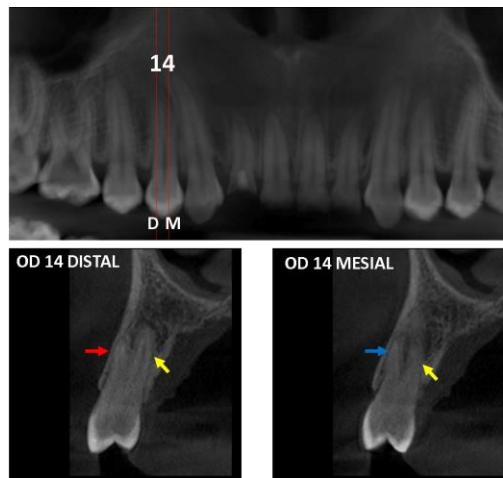
complicaciones como perforaciones o fracturas instrumentales, además, la presencia de dos raíces puede requerir técnicas de obturación específicas para garantizar un sellado hermético y prevenir la recurrencia de la infección, es esencial realizar radiografías de diagnóstico adecuadas para evaluar la morfología radicular y planificar el tratamiento de manera efectiva(Cleghorn et al., 2006).



3.1.3. PREMOLARES CON RAÍCES FUSIONADAS:

En algunos casos, las raíces de los premolares mandibulares pueden fusionarse parcial o completamente, creando una raíz con forma de gancho o de Y, esta variación morfológica puede dificultar la limpieza y obturación del conducto radicular, aumentando el riesgo de fracaso del tratamiento endodóntico si no se maneja adecuadamente(Hartmann et al., 2013).La presencia de esta fusión puede requerir técnicas avanzadas y cuidadosas para asegurar la limpieza completa de los conductos y evitar la formación de espacios no instrumentados que puedan albergar bacterias, además, la utilización de técnicas de obturación tridimensional puede ser necesaria para asegurar un sellado adecuado en casos de fusión radicular, un adecuado conocimiento de la anatomía radicular y una planificación

cuidadosa son fundamentales para abordar con éxito esta variación durante el tratamiento endodóntico(Jacobsen et al., 1994).



3.2. VARIACIONES EN LA CONFIGURACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES.

Las variaciones en la configuración de los conductos radiculares son comunes y pueden influir en el tratamiento endodóntico(Ahmed et al., 2017). El sistema de clasificación más utilizado es el de Vertucci, que describe múltiples tipos de configuraciones basadas en la morfología del sistema de conductos radiculares(Ahmed et al., 2021). Estas configuraciones pueden variar según el tipo de diente, la etnia, el género y factores anatómicos específicos del paciente. Las variaciones incluyen la presencia de múltiples conductos, conductos con trayectorias inusuales o conductos que presentan ramificaciones (denominados “conductos accesorios”)(Mirah et al., 2023).Entender estas variaciones es fundamental para el éxito del tratamiento, ya que la localización y limpieza completa de todos los conductos radiculares reduce el riesgo de fracaso endodóntico(Gu et al., 2013).

3.3. FUSIÓN Y GEMACIÓN RADICULAR

La fusión y gemación radicular son anomalías de desarrollo dentario que afectan la forma y número de raíces(Ahmed & Dummer, 2018). La fusión ocurre cuando dos dientes adyacentes se unen, compartiendo dentina y a veces la pulpa, lo que puede dar lugar a una única raíz o una raíz con múltiples conductos(Ahmed & Hashem, 2016). La gemación, por otro lado, se produce cuando un solo germen dentario intenta dividirse en dos, generando un diente de mayor tamaño o duplicado, pero generalmente con una única raíz (Ahmed & Abbott, 2012). Ambas condiciones pueden complicar el tratamiento endodóntico debido a la complejidad de los sistemas de conductos y la accesibilidad limitada(Ordinola-Zapata et al., 2019).

3.4. DILATACIÓN RADICULAR O TAURODONTISMO

Las dilaceraciones son curvaturas o angulaciones anormales en la raíz del diente, a menudo como resultado de trauma dental durante el desarrollo, pueden ocurrir en cualquier parte de la raíz y pueden ser sutiles o severas(Miloglu et al., 2010). Estas deformidades pueden dificultar el acceso al conducto radicular y aumentar la complejidad del tratamiento endodóntico, las dilaceraciones pueden ser impredecibles y difíciles de manejar durante el tratamiento, especialmente si están asociadas con cambios en la dirección del conducto(Ahmed & Hashem, 2016).

Se requiere una cuidadosa planificación del tratamiento y un enfoque individualizado para manejar las dilaceraciones radiculares, la instrumentación cuidadosa y el uso de técnicas de irrigación efectivas son esenciales para garantizar la limpieza y desinfección adecuadas del conducto en presencia de dilaceraciones(Bonaccorso et al., 2009). Un abordaje clínico

meticuloso y la consideración de la anatomía radicular son cruciales para el éxito del tratamiento endodóntico en casos de dilaceraciones(Kuoch et al., 2023).

3.5 HIPERCEMENTOSIS

La hiper cementosis se refiere a una acumulación excesiva de cemento radicular en la raíz del diente, generalmente en la región apical(Masse et al., 2023). Puede ocurrir de forma localizada o generalizada y está relacionada con factores como la inflamación crónica, fuerzas oclusales anormales, traumatismos o factores genéticos(Pinheiro et al., 2008). Esta condición puede dificultar la extracción del diente, y en endodoncia, puede complicar la instrumentación y obturación del conducto radicular debido al cambio en la forma anatómica y el tamaño del ápice(Lumerman & Tamagna, 1967). La hiper cementosis también puede hacer que el diagnóstico radiográfico de la longitud de la raíz sea más complejo(Schafer et al., 2002).

3.6 SURCO PALATINO GINGIVAL

El surco palatino gingival es una depresión anatómica que se presenta en la raíz de algunos dientes anteriores superiores, especialmente en incisivos laterales(Patel et al., 2007). Este surco puede ser profundo y extenderse hacia la región apical, facilitando la acumulación de placa bacteriana y contribuyendo a la aparición de enfermedades periodontales y lesiones endo-periodontales(El-Ma'aita et al., 2024). Este surco debe ser identificado en el diagnóstico y manejo del paciente, ya que puede requerir un tratamiento periodontal especial o una intervención endodóntica si compromete la integridad del sistema de conductos radiculares(Mashyakhy et al., 2020).

4. CLASIFICACIÓN DE ANATOMÍA DENTAL INTERNA

4.1 CLASIFICACIÓN DE ANATOMÍA DENTAL INTERNA SEGÚN VERTUCCI

La clasificación de Vertucci se ha convertido en un referente fundamental para la comprensión de la anatomía interna de los dientes. Esta sección examina la historia y fundamentos de esta clasificación, así como los tipos de configuraciones descritos por Vertucci y su relevancia clínica(Vertucci, 1984).

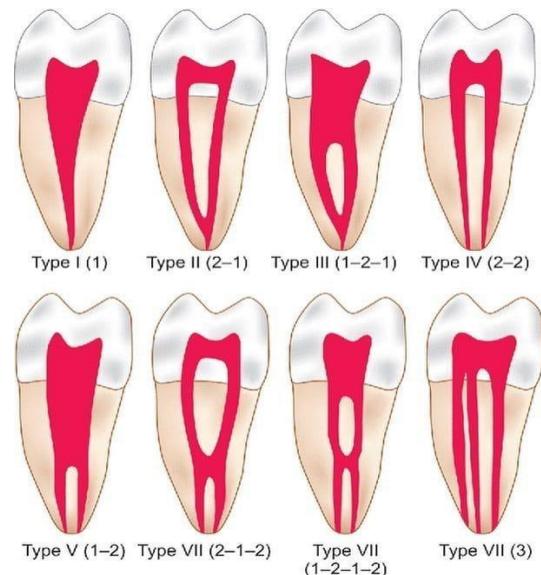
La clasificación de Vertucci fue desarrollada por el Dr. Frank J. Vertucci a principios de los años 80, Vertucci realizó estudios detallados utilizando técnicas de clarificación y tinción en dientes extraídos para identificar y categorizar las diferentes configuraciones del sistema de conductos radiculares(Vertucci, 1978). La necesidad de una clasificación clara y sistemática surgió debido a la complejidad y variabilidad de la anatomía interna dental, que tiene implicaciones directas en el éxito de los tratamientos endodónticos, esta clasificación permite a los profesionales dentales anticipar la morfología de los conductos radiculares, facilitando así una mejor planificación y ejecución de los tratamientos(Vertucci & Bucher, 1979).

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES DE VERTUCCI

Vertucci identificó varias configuraciones anatómicas basadas en la cantidad y disposición de los conductos radiculares, cada configuración fue numerada del I al VIII, proporcionando un marco estandarizado para describir la anatomía interna de los dientes(Vertucci, 1984).

- Tipo I (1-1): Un solo conducto desde la cámara pulpar hasta el ápice(Vertucci, 1978).

- Tipo II (2-1): Dos conductos separados que se unen en uno antes de llegar al ápice(Vertucci, 1984).
- Tipo III (1-2-1): Un conducto que se divide en dos y luego se vuelve a unir en uno antes del ápice(Vertucci, 1978).
- Tipo IV (2-2): Dos conductos separados que permanecen separados hasta el ápice(Vertucci, 1984).
- Tipo V (1-2): Un solo conducto que se divide en dos conductos separados hacia el ápice(Vertucci, 1984).
- Tipo VI (2-1-2): Dos conductos que se unen en uno y luego se vuelven a dividir en dos(Vertucci, 1984).
- Tipo VII (1-2-1-2): Un conducto que se divide, se vuelve a unir, y se divide nuevamente(Vertucci, 1984).
- Tipo VIII (3-3): Tres conductos separados que permanecen separados hasta el ápice(Vertucci, 1978).
-



4.3. VARIABILIDAD DE LA CONFIGURACIÓN DE VERTUCCI

La variabilidad de la configuración de Vertucci en los premolares mandibulares está influenciada por una serie de factores genéticos, étnicos y ambientales(Yang et al., 2022).

Estos factores determinan las diferencias tanto entre poblaciones como entre individuos dentro de la misma población(Villa et al., 2022).

4.3.1FACTORES ANATÓMICOS Y GENÉTICOS:

La formación y desarrollo de los conductos radiculares está regulada genéticamente, lo que explica las diferencias anatómicas que se observan entre distintas poblaciones(Ahmed et al., 2021).

En ciertas etnias, como las poblaciones asiáticas y africanas, se reportan mayores proporciones de configuraciones complejas (Tipo III, Tipo IV y Tipo VI), mientras que las configuraciones simples (Tipo I y Tipo II) son más frecuentes en poblaciones caucásicas y latinoamericanas(Vertucci, 1978).

4.3.2FACTORES RELACIONADOS CON EL DESARROLLO:

Durante el desarrollo del diente, las fuerzas biomecánicas y los procesos de mineralización pueden influir en la formación de bifurcaciones y fusiones dentro del sistema de conductos radiculares(Marceliano-Alves et al., 2023).

Anomalías como la gemación y la fusión radicular pueden estar asociadas con configuraciones poco comunes, como las de Tipo VII o Tipo VIII(Vertucci & Bucher, 1979).

4.3.3. FACTORES AMBIENTALES:

Las condiciones ambientales, como el nivel de flúor en el agua o deficiencias nutricionales durante el desarrollo dental, podrían influir en la formación de conductos radiculares más complejos(Kulkarni et al., 2020)

4.3.4. RELEVANCIA CLÍNICA DE LA VARIABILIDAD:

La identificación de estos ajustes es fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico, ya que una falta de conocimiento o diagnóstico erróneo puede llevar a una limpieza incompleta o a la omisión de conductos accesorios(Pinheiro et al., 2008).

Las técnicas modernas, como el uso de microscopios clínicos y CBCT, permiten una mejor evaluación de estas variaciones(Schafer et al., 2002).

En conclusión, la configuración de Vertucci no es estática ni uniforme; varía significativamente según el contexto individual y poblacional(Moreno et al., 2021). Esto resalta la importancia de estudios específicos en cada región para proporcionar datos clínicamente relevantes que optimicen los procedimientos endodónticos(VanGheluwe & Wilcox, 1996).

4.4. RELEVANCIA CLÍNICA DE LA CONFIGURACIÓN DE VERTUCCI

La clasificación de Vertucci es crucial en la práctica endodóntica por varias razones:

- Planificación del tratamiento: Conocer la posible configuración del sistema de conductos radiculares permite a los dentistas planificar mejor los procedimientos endodónticos(Vertucci & Bucher, 1979)

- Mejora del acceso y limpieza: La identificación precisa de la configuración ayuda a mejorar el acceso y la limpieza de los conductos, lo cual es esencial para la eliminación de tejidos necróticos y microorganismos(Vertucci & Bucher, 1979).
- Reducción de complicaciones: Comprender la variabilidad anatómica puede reducir las complicaciones durante el tratamiento, como la perforación de conductos o la retención de instrumentos(Vertucci & Bucher, 1979).

Optimización del éxito del tratamiento: Una adecuada instrumentación y obturación del sistema de conductos radiculares, basada en el conocimiento de la anatomía interna, aumenta las tasas de éxito de los tratamientos endodónticos(Vertucci & Bucher, 1979)

5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA MORFOLOGÍA INTERNA DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES

El estudio de la morfología interna del sistema de conductos radiculares es esencial para el éxito de los procedimientos endodónticos, este análisis ha evolucionado significativamente, pasando de métodos bidimensionales convencionales a técnicas contemporáneas tridimensionales que permiten una comprensión más precisa y detallada(Baratto Filho et al., 2009).Los métodos empleados pueden dividirse en dos grandes categorías: los convencionales, que incluyen radiografías periapicales, diafanización y cortes histológicos, y los contemporáneos, como la microtomografía computarizada, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y el escaneo óptico digital(Ordinola-Zapata et al., 2019).

5.1. MÉTODOS CONVENCIONALES DE ANÁLISIS

5.1.1. RADIOGRAFÍAS PERIAPICALES

Las radiografías periapicales son el método más común en la práctica diaria. Estos proporcionan una imagen bidimensional de las estructuras dentales y permiten evaluar la longitud del conducto, la curvatura y la presencia de anomalías(Alenezi et al., 2022). Sin embargo, su principal limitación radica en que representan una estructura tridimensional en dos dimensiones, lo que puede ocultar detalles críticos, como bifurcaciones y conductos accesorios, y depende en gran medida de la angulación utilizada al tomar la imagen(Lin et al., 1982).



5.1.2. TÉCNICA DE DIAFANIZACIÓN

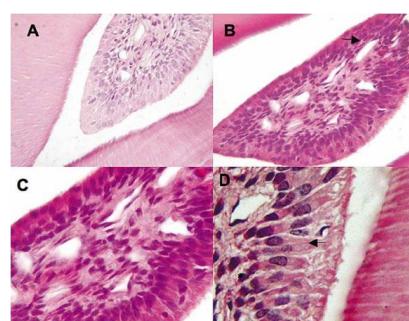
La técnica de diafanización, por otro lado, es un método que se emplea principalmente en investigaciones, consiste en someter los dientes a un proceso de descalcificación y aclaramiento, seguido de tinción de los conductos radiculares(Rehman et al., 2015). Este procedimiento permite observar directamente la configuración interna de los conductos, identificando con precisión bifurcaciones y ramificaciones, a pesar de su eficacia, es un método

destructivo que requiere la extracción del diente y no puede aplicarse en pacientes(Gupta & Grewal, 2005).



5.1.3. CORTES HISTOLÓGICOS.

El uso de cortes histológicos, que implican la sección del diente en láminas delgadas para su estudio microscópico, este método permite un análisis detallado de la morfología interna y la estructura tisular(Ricucci et al., 2020). Sin embargo, al igual que la diafanización, es destructivo y no aplicable en estudios *in vivo*, además, requiere un alto grado de habilidad técnica y equipos especializados para su ejecución(Rehman et al., 2015).



5.2. MÉTODOS CONTEMPORÁNEOS DE ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL.

5.2.1. MICROTOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (MICRO-CT)

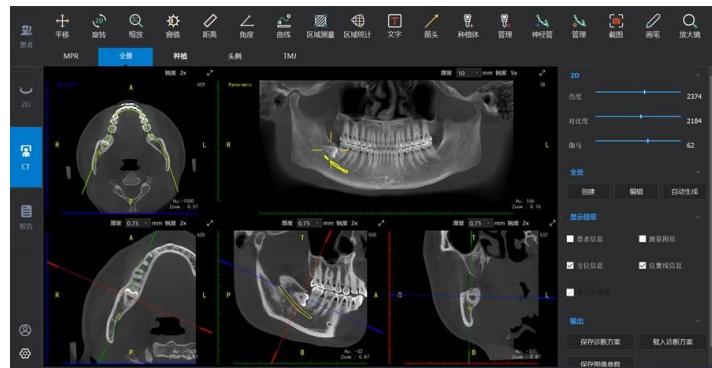
La microtomografía computarizada (Micro-CT) es uno de los métodos más avanzados para el estudio de la morfología dental(Ordinola-Zapata et al., 2019).Este procedimiento utiliza rayos X para generar imágenes tridimensionales de alta resolución que permiten observar con detalle las configuraciones internas, incluso a nivel microscópico(Sierra-Cristancho et al., 2021). Es particularmente útil para investigaciones debido a su capacidad para identificar conductos accesorios, ramificaciones y anomalías con una precisión excepcional(Sousa-Neto et al., 2018).Sin embargo, su alto costo y la necesidad de equipos especializados limitan su uso a estudios de laboratorio(Li et al., 2020).



5.2.2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (CBCT)

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es la técnica tridimensional más utilizada en la práctica clínica(Weber et al., 2015).Este método ha revolucionado el diagnóstico y la planificación de los tratamientos endodónticos al proporcionar imágenes tridimensionales del sistema de conductos radiculares y las estructuras circundantes en pacientes vivos(Zheng et al., 2010). La CBCT permite identificar configuraciones complejas, fracturas radiculares y perforaciones con una exposición relativamente baja a radiación en comparación con la tomografía computarizada médica(Weber et al., 2015).

Aunque su resolución es inferior a la de la Micro-CT, su accesibilidad y menor costo la hacen ideal para la práctica clínica(Sierra-Cristancho et al., 2021).



5.2.3. ESCANEO ÓPTICO DIGITAL

El escaneo óptico digital es otro método contemporáneo que se emplea principalmente en investigaciones y en la creación de modelos tridimensionales, utiliza tecnologías ópticas avanzadas para capturar detalles superficiales del sistema de conductos(Peng et al., 2021). Si bien no permite penetrar en las estructuras internas como la Micro-CT o la CBCT, es una herramienta útil para analizar la superficie radicular y crear modelos tridimensionales de alta resolución sin el uso de radiación. Su uso, sin embargo, se limita a estudios in vitro(Vag et al., 2023).



6. CBCT (TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO)

6.1. INTRODUCCIÓN AL CBCT

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés: Cone Beam Computed Tomography) es una tecnología de imagen avanzada que ha transformado el campo de la odontología y otras especialidades médicas(Nasseh & Al-Rawi, 2018). Introducida como una alternativa a las técnicas convencionales de radiografía y tomografía computarizada médica, el CBCT ofrece la capacidad de obtener imágenes tridimensionales detalladas de estructuras anatómicas con menor exposición a radiación(Patel et al., 2007). Esta herramienta es especialmente útil en la evaluación de dientes, huesos maxilares, tejidos blandos y el sistema conductual radicular(Yang et al., 2021). La principal ventaja del CBCT radica en su capacidad para proporcionar información volumétrica en tiempo real, lo que mejora la precisión diagnóstica y permite un mejor plan de tratamiento, su uso es esencial en endodoncia para identificar variaciones anatómicas, diagnosticar fracturas radiculares y evaluar patologías periapicales, también desempeña un papel crucial en cirugía oral, implantología y ortodoncia(Jacobs, 2011).

6.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL CBCT

El CBCT se basa en la emisión de un haz de rayos X en forma de cono que gira alrededor del paciente, capturando una serie de proyecciones desde diferentes ángulos(Feragalli et al., 2017). Estas proyecciones son procesadas digitalmente para formar una imagen tridimensional precisa y detallada(Can et al., 2014). El proceso puede dividirse en tres etapas principales: emisión y detección de rayos X, formación de la imagen tridimensional y el proceso de reconstrucción volumétrica(Ludlow et al., 2015).

La emisión de rayos X en el CBCT se realiza a través de un tubo de rayos X que produce radiación en forma de cono(Stewart et al., 2021). Este tipo de haz permite irradiar una amplia área del objeto en un solo giro, lo que reduce significativamente el tiempo de exploración y la dosis de radiación en comparación con la tomografía computarizada médica convencional(Chen et al., 2022).

El detector plano, colocado en el lado opuesto del tubo de rayos X, captura las proyecciones generadas por la interacción de los rayos X con las estructuras anatómicas(El-Ma'aita et al., 2024). Este detectores capaz de registrar múltiples imágenes bidimensionales desde diferentes ángulos mientras el dispositivo gira 360 grados alrededor del paciente, la calidad de estas imágenes iniciales es esencial para garantizar una reconstrucción tridimensional precisa(Lin et al., 2024).

6.2.2. FORMACIÓN DE LA IMAGEN TRIDIMENSIONAL

La formación de la imagen tridimensional en el CBCT comienza con la recopilación de datos crudos obtenidos de las proyecciones bidimensionales(Dogan et al., 2015). Estos datos son procesados mediante algoritmos matemáticos que calculan la atenuación de los rayos X a medida que atraviesan las diferentes densidades de los tejidos anatómicos(Kim et al., 2022). La información recopilada se almacena en formato digital, lo que permite la

manipulación de los datos para crear imágenes en diferentes planos y ángulos(Drukteinis et al., 2019).

El software especializado utilizado en los sistemas CBCT permite generar vistas en cortes axiales, coronales y sagitales, así como reconstrucciones tridimensionales completas(Zheng et al., 2010). Esta capacidad de visualizar las estructuras desde cualquier perspectiva facilita el diagnóstico de condiciones complejas y la planificación de tratamientos precisos(Komuro et al., 2021).

6.2.3. PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA

El proceso de reconstrucción volumétrica es el paso final en el funcionamiento del CBCT, donde los datos crudos se convierten en un modelo tridimensional utilizable(Bornstein et al., 2017). Utilizando métodos como la retroproyección filtrada o los algoritmos iterativos, el software combina las más de 150 a 600 proyecciones individuales para crear un volumen tridimensional que representa con precisión las estructuras escaneadas(Jacobs et al., 2018).

El resultado es un conjunto de datos volumétricos conocido como voxels, que son similares a los píxeles en una imagen bidimensional, pero con información sobre la profundidad(Ahmed & Dummer, 2018). Los voxels permiten medir densidades de tejidos y visualizar detalles anatómicos con gran precisión, la reconstrucción volumétrica también ofrece la posibilidad de realizar segmentaciones de estructuras específicas, mejorando la comprensión de la anatomía y la patología en estudios clínicos(Mozzo et al., 1998).

6.3. VENTAJAS DE LA CBCT EN ODONTOLOGÍA

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) ha transformado significativamente la práctica odontológica al ofrecer imágenes tridimensionales de alta calidad con un nivel de detalle que supera las técnicas radiográficas tradicionales(Schulze et al., 2011). Sus ventajas son especialmente relevantes en el diagnóstico, planificación de tratamientos y seguimiento clínico, mejorando la precisión y la seguridad en diversos procedimientos odontológicos(Ahlowalia et al., 2013).

6.3.1. ALTA RESOLUCIÓN Y VISUALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL.

La CBCT proporciona imágenes de alta resolución, permitiendo la observación detallada de estructuras anatómicas complejas(Mah et al., 2010). Su capacidad para generar vistas tridimensionales (3D) es una de sus características más destacadas, ya que facilita la evaluación precisa de la morfología ósea, las relaciones anatómicas y las características internas de las piezas dentales. Esto resulta fundamental en procedimientos como(Abuabara et al., 2013).

- **Endodoncia:** para identificar configuraciones complejas de conductos radiculares, presencia de fracturas radiculares o patologías periajiales(Patel et al., 2019).
- **Implantología:** para valorar la cantidad y calidad del hueso disponible, así como la ubicación exacta de estructuras críticas como el nervio dentario inferior o el seno maxilar(Jacobs et al., 2018).
- **Ortodoncia:** para analizar las posiciones dentales y su relación con las estructuras esqueléticas(Hans et al., 2015).

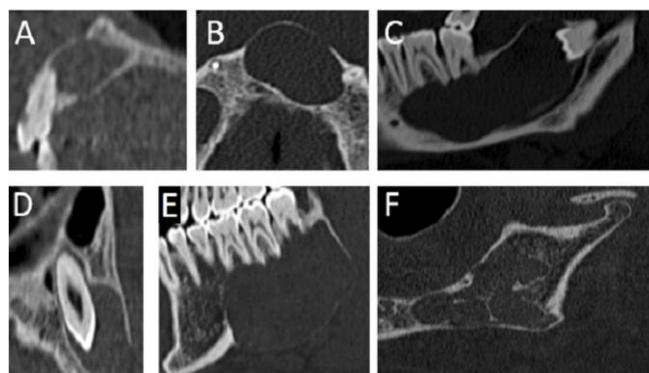
La visualización tridimensional elimina la necesidad de interpretar imágenes bidimensionales con limitaciones inherentes, mejorando la precisión diagnóstica y reduciendo el margen de error clínico(Ahmed et al., 2021).

6.3.2. REDUCCIÓN DE DISTORSIONES Y SUPERPOSICIONES ANATÓMICAS.

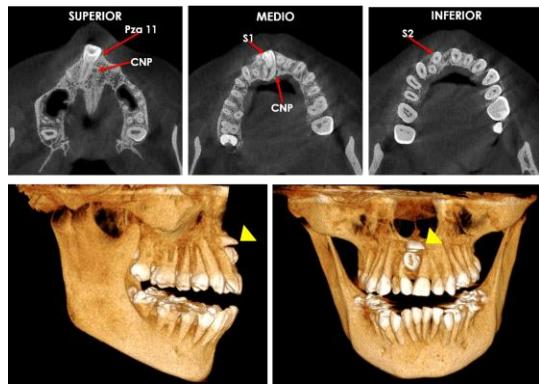
A diferencia de las radiografías convencionales, como la panorámica o la periapical, la CBCT minimiza las distorsiones geométricas y las superposiciones anatómicas(von Arx et al., 2013). Esto se debe a que las imágenes son generadas mediante una reconstrucción digital basada en múltiples proyecciones adquiridas desde diferentes ángulos(Bechara et al., 2013).

Esta característica es especialmente beneficiosa en los siguientes contextos:

- **Diagnóstico de patologías dentales y óseas:** como quistes, tumores, reabsorciones radiculares y defectos óseos(Beatty & Vertucci, 1984).



- **Evaluación de dientes impactados:** proporcionando una visualización clara de su posición exacta y su relación con estructuras adyacentes(Ee et al., 2014).



- **Detección de fracturas dentales y óseas:** donde la ausencia de superposiciones facilita una identificación más precisa(Paiva et al., 2023).



La capacidad de obtener imágenes claras y sin artefactos mejora la confianza en las decisiones clínicas y reduce la necesidad de repetir estudios radiográficos, optimizando tanto el tiempo como los recursos(Kim et al., 2022).

6.3.3. MENOR EXPOSICIÓN A LA RADIAZIÓN EN COMPARACIÓN CON OTRAS TOMOGRAFÍAS CONVENCIONALES.

La CBCT utiliza un haz cónico de radiación que permite capturar la totalidad del área de interés en una sola rotación, a diferencia de las tomografías computarizadas médicas que requieren múltiples cortes axiales(Abella et al., 2012).Esto se traduce en una dosis de

radiación significativamente menor para el paciente, haciéndola una opción más segura en odontología(Ludlow et al., 2015).

- **Ventaja en la práctica clínica:** permite su uso en casos que requieren imágenes frecuentes, como el seguimiento de tratamientos quirúrgicos o endodónticos(Marceliano-Alves et al., 2023).
- **Beneficio en pediatría y pacientes sensibles:** su menor dosis hace que sea preferible para evaluar a pacientes pediátricos o aquellos con condiciones que exijan minimizar la exposición radiológica(Setzer et al., 2017).

A pesar de su menor radiación, la CBCT mantiene una calidad de imagen adecuada para las necesidades diagnósticas, siendo una herramienta indispensable en la odontología moderna(Patel et al., 2010).

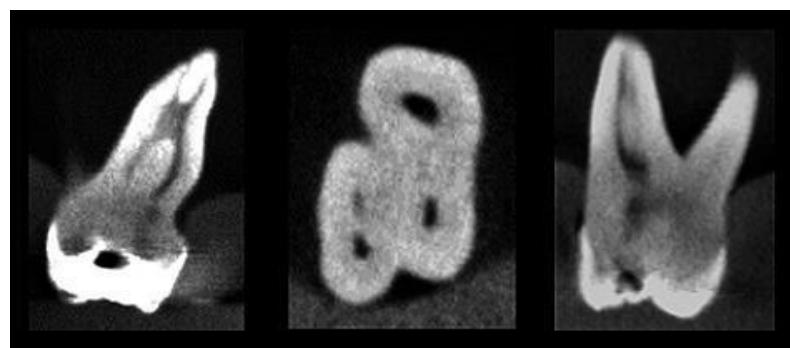
6.4. APLICACIONES DEL CBCT EN ENDODONCIA

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) ha revolucionado la práctica de la endodoncia moderna, ofreciendo imágenes tridimensionales de alta resolución que permiten un diagnóstico y manejo más preciso de las patologías dentales(Patel et al., 2019). Su capacidad para proporcionar información detallada de las estructuras dentales y periápticas hace que sea una herramienta indispensable en casos complejos y desafiantes(Abella et al., 2012).

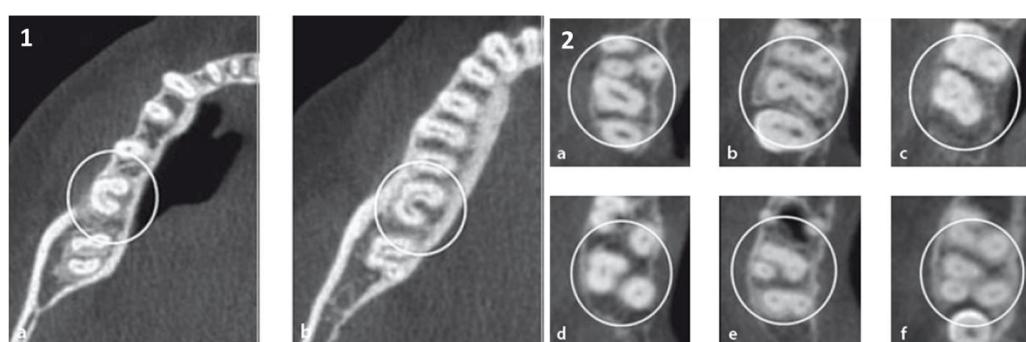
6.4.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIACIONES EN LA ANATOMÍA DE LOS CONDUCTOS.

La anatomía de los conductos radiculares puede variar considerablemente entre diferentes dientes y pacientes, lo que representa un desafío significativo para los endodoncistas(Abella et al., 2014).El CBCT permite identificar con precisión:

- **Configuraciones anatómicas complejas:** La tecnología CBCT facilita la visualización tridimensional de configuraciones de conductos, como aquellas descritas por Vertucci, incluyendo bifurcaciones, trifurcaciones y conductos accesorios(Abuabara et al., 2013). Esto es crucial en dientes como los primeros premolares mandibulares, que frecuentemente presentan variaciones anatómicas(Setzer & Lee, 2021).



- **Anomalías estructurales:** Como conductos en forma de “C”, sistemas de conductos fusionados, gemación radicular y taurodontismo, estas condiciones, a menudo pasadas por alto en radiografías bidimensionales, pueden ser detectadas con claridad en imágenes CBCT(Chen et al., 2022).



- **Relaciones anatómicas:** El CBCT también ayuda a evaluar la proximidad de los conductos radiculares a estructuras vitales como el canal mandibular o el seno maxilar, previniendo complicaciones durante los tratamientos(Abuabara et al., 2013).



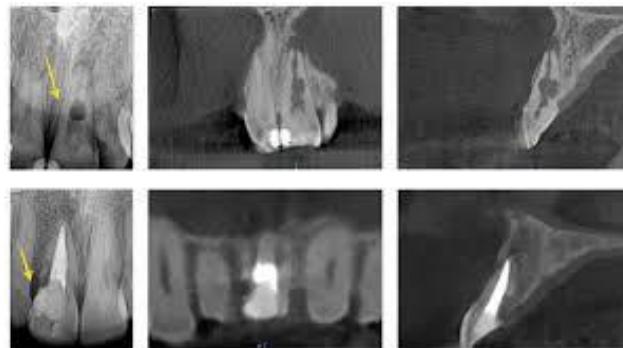
6.4.2. DETECCIÓN DE ALTERACIONES RADICULARES Y PULPARES

El CBCT es fundamental para identificar alteraciones que pueden no ser evidentes en radiografías convencionales(Abella et al., 2012). Entre las patologías que se pueden diagnosticar con mayor precisión se incluyen:

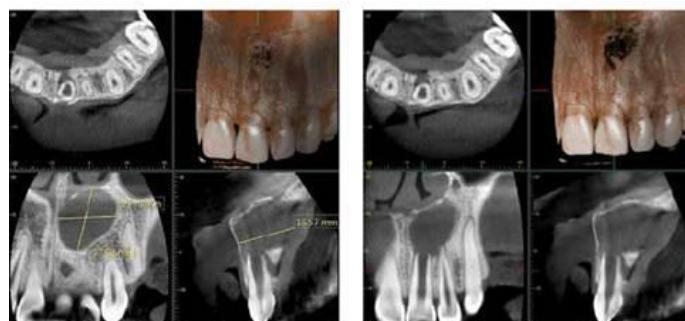
- **Fracturas radiculares:** Las imágenes tridimensionales del CBCT permiten localizar fracturas longitudinales o transversales, que son un factor determinante para el pronóstico del diente(Patel et al., 2010).



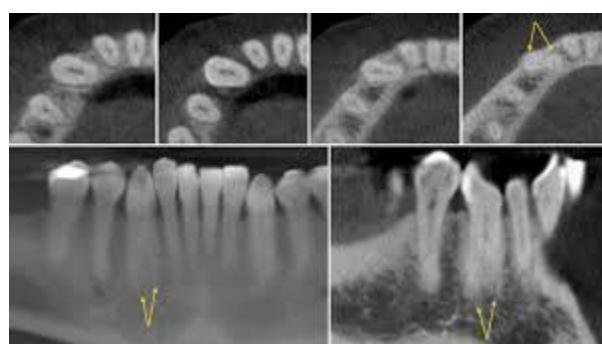
- **Reabsorciones dentales:** Tanto internas como externas. Estas condiciones pueden ser visualizadas con detalle, permitiendo determinar su extensión y relación con estructuras adyacentes(Venskutonis et al., 2014).



- **Patologías periapicales:** Como quistes, granulomas o abscesos, que pueden evaluarse en tres dimensiones para determinar su tamaño, localización y relación con los tejidos circundantes(Torabinejad & White, 2016).



- **Calcificaciones pulparas:** El CBCT facilita la identificación de conductos obliterados por calcificaciones, ayudando a planificar su acceso y tratamiento(Mah et al., 2010).



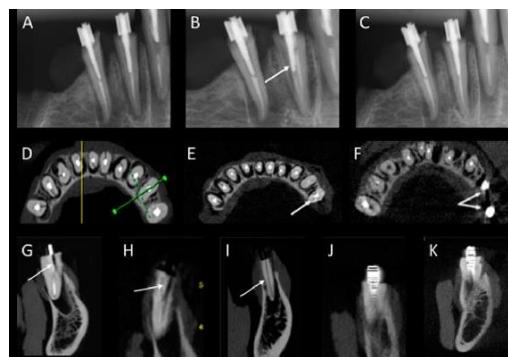
6.4.3. PLANIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS ENDODÓNTICOS COMPLEJOS

La precisión diagnóstica y la información detallada proporcionada por el CBCT hacen que sea una herramienta invaluable para planificar tratamientos endodónticos complejos(Wang et al., 2023).Entre sus aplicaciones en este ámbito se incluyen:

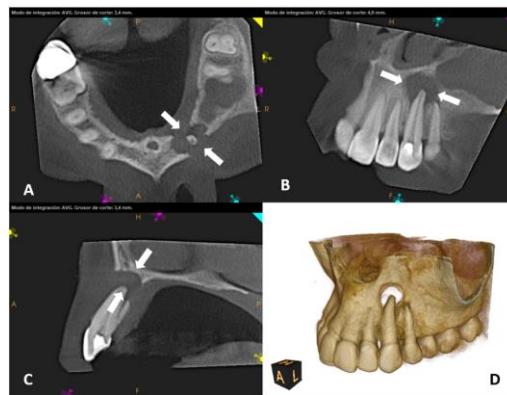
- **Localización de conductos no tratados:** Conductos radiculares que no han sido instrumentados durante tratamientos previos pueden ser identificados y tratados gracias a las imágenes detalladas del CBCT(Gu et al., 2013).



- **Retiro de postes y cuerpos extraños:** El CBCT permite evaluar la posición exacta de postes intracanaliculares o instrumentos fracturados, facilitando su remoción con máxima precisión y seguridad(Burklein et al., 2017).



- **Evaluación prequirúrgica:** En procedimientos como la apicectomía, el CBCT es indispensable para determinar la extensión de la patología, la localización de la lesión y su relación con estructuras anatómicas sensibles(Setzer & Kratchman, 2022).



- **Seguimiento del tratamiento:** Las imágenes obtenidas tras la intervención permiten evaluar la efectividad del tratamiento y detectar posibles complicaciones, como la persistencia de patología periapical o filtraciones(Del Fabbro et al., 2016)



6.5. LIMITACIONES Y DESAFÍOS DEL USO DE CBCT

El uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ha revolucionado el campo de la odontología, ofreciendo una herramienta invaluable para el diagnóstico y planificación de tratamientos(Patel et al., 2022).Sin embargo, su implementación no está exenta de limitaciones y desafíos que deben ser considerados cuidadosamente para

maximizar su efectividad y minimizar sus inconvenientes, a continuación, se describen los principales factores que influyen en la aplicación de esta tecnología(Elsaltani et al., 2016).

6.5.1. COSTO Y ACCESIBILIDAD

Una de las principales barreras para el uso generalizado de la CBCT es su alto costo. Los equipos de CBCT representan una inversión significativa para las clínicas y hospitales, lo que puede limitar su disponibilidad, especialmente en regiones con recursos económicos restringidos(Schulze et al., 2011). Además, los costos asociados al mantenimiento del equipo, la capacitación del personal técnico y la adquisición de software especializado pueden aumentar el precio de los servicios para los pacientes(Bechara et al., 2013).

Desde la perspectiva del paciente, el acceso a CBCT puede estar restringido debido a la falta de centros especializados en determinadas áreas geográficas(Tiepo et al., 2017). Esta desigualdad puede afectar directamente la calidad del diagnóstico y tratamiento en comunidades con menor acceso a la tecnología(Chang et al., 2016). Por tanto, es fundamental abordar esta limitación mediante iniciativas de subsidio, programas de capacitación accesibles y colaboraciones público-privadas que faciliten la implementación de CBCT en entornos clínicos diversos(Ng et al., 2010).

6.5.2. INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES Y NECESIDAD DE ESPECIALISTAS.

La interpretación de las imágenes obtenidas mediante CBCT requiere un nivel avanzado de conocimiento y experiencia, lo que representa un desafío significativo, la CBCT genera una gran cantidad de información tridimensional que, si no es analizada adecuadamente, podría dar lugar a diagnósticos incorrectos o imprecisos(Deng et al., 2022).Esto subraya

la importancia de contar con especialistas en radiología dental y maxilofacial, así como la necesidad de capacitación continua para los profesionales que utilizan esta herramienta(Zhang et al., 2021).

Además, la variabilidad en la calidad de las imágenes obtenidas puede influir en la interpretación, factores como la posición del paciente, configuraciones del equipo y la presencia de artefactos pueden complicar el análisis(Gao et al., 2021). Esto enfatiza la necesidad de protocolos estandarizados y de software avanzado que optimice la calidad de las imágenes y facilite su interpretación(Abella et al., 2012).

6.5.3. ARTEFACTOS DE IMAGEN Y SU IMPACTO EN EL DIAGNÓSTICO

Los artefactos de imagen son una de las principales limitaciones técnicas de la CBCT. Estos defectos pueden originarse por diversas razones, como la presencia de restauraciones metálicas, movimiento del paciente durante la toma de la imagen o configuraciones subóptimas del equipo(Bechara et al., 2013). Los artefactos pueden distorsionar las imágenes, dificultando la identificación precisa de estructuras anatómicas y lesiones patológicas(Deng et al., 2022).

Un ejemplo común de artefactos es el efecto de rayos duros (“beam hardening”), que genera sombras o franjas oscuras alrededor de objetos densos, como implantes o coronas metálicas(Ee et al., 2014). Esto puede interferir en la evaluación de la anatomía radicular o de los tejidos circundantes, comprometiendo el diagnóstico y la planificación del tratamiento(Tassoker & Sener, 2018).

Para mitigar este problema, los fabricantes de equipos CBCT han desarrollado algoritmos de corrección y software de mejora de imágenes(Rusanov et al., 2022). Sin embargo,

incluso con estas mejoras, algunos artefactos pueden persistir, lo que requiere que el clínico tenga experiencia en identificar y gestionar estas imperfecciones(Jin et al., 2010).

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Protocolo del Estudio:

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Revisión de Ética en Investigación en Humanos de la Universidad San Francisco de Quito (código 2024-023TPG), garantizando el cumplimiento de todas las normativas éticas y la confidencialidad de los datos de los pacientes.

Diseño del estudio:

Se diseñó un estudio observacional transversal retrospectivo, en el cual se utilizaron tomografías de haz cónico (CBCT) de primeros premolares mandibulares. La muestra total estuvo compuesta por 100 imágenes tomográficas ($n=100$), seleccionadas con criterios específicos para asegurar la calidad y relevancia de los datos.

Selección de participantes:

La muestra incluyó pacientes adultos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 60 años. Los criterios de inclusión fueron la presencia de primeros premolares mandibulares bilaterales y una calidad de imagen adecuada en las tomografías CBCT. Se excluirán imágenes que presentarán ápices incompletos, reabsorciones internas o externas, endodoncia previa, pernos o retenedores intrapulpares, y patologías orales significativas.

Proceso de Obtención de Imágenes:

Las tomografías CBCT fueron obtenidas en colaboración con la clínica de odontología de la Universidad San Francisco de Quito, utilizando la unidad de procesamiento de imágenes Planmeca ProMax® 3D Mid . Este equipo cumple con altos estándares de diagnóstico, permitiendo la obtención de volúmenes de Ø20 x 10 cm con un solo escaneo y Ø20 x 17 cm con varios escaneos verticales. Para mejorar la calidad de las imágenes y reducir el

impacto del movimiento del paciente, se implementó el software Planmeca CALM , lo que garantizó resultados más precisos. Además, con el objetivo de minimizar la exposición a la radiación, se utilizó el protocolo Planmeca Ultra Low Dose , en concordancia con el principio ALADA (As Low As Diagnostically Acceptable). Las imágenes se obtuvieron con tamaños de voxel aproximados de 200 μm en modo normal , adecuados para las necesidades habituales de procesamiento de imágenes, y de 100 μm en modo de alta resolución , utilizados cuando se requería mayor nivel de detalle.

Es importante destacar que, si bien algunas imágenes fueron obtenidas directamente con el tomógrafo mencionado, muchas de ellas correspondían a estudios previos realizados en años anteriores. Para el desarrollo de esta investigación, se solicitó y obtuvo la autorización pertinente por parte de la clínica de odontología de la Universidad San Francisco de Quito, garantizando en todo momento el cumplimiento de los principios éticos y la confidencialidad de los datos. Las tomografías utilizadas eran completamente anónimas, sin información identificativa de los pacientes, asegurando que solo se consideraran los criterios de inclusión relevantes para el estudio, como el sexo y la edad de los individuos. Durante este proceso, se contó con el apoyo del personal de rayos X de la clínica de odontología de la Universidad San Francisco de Quito, quienes se encargan de realizar las tomografías y radiografías en la institución. Gracias a su experiencia en el uso del software Carestream Dental Image Suite V4, me brindaron una capacitación personalizada sobre la evaluación de las tomografías, el manejo del software y la correcta interpretación de las imágenes, lo que me permitió optimizar el análisis y mejorar la precisión de los resultados.

Análisis de Imágenes:

El análisis de las imágenes se realizó mediante el software Carestream Dental Image Suite V4, que ofrece una interfaz intuitiva y un flujo de trabajo optimizado para la adquisición y procesamiento de imágenes. Este software incluye herramientas avanzadas como el reconocimiento de puntos de referencia, segmentación, planificación de implantes dentales y cefalometría. Además, permite la exportación de imágenes en formatos comunes como JPEG, PNG, TIFF y DICOM, garantizando la compatibilidad con otros sistemas y facilitando su distribución.

Una vez adquirida la capacitación en el manejo del software, se procedió a la revisión detallada de las tomografías mediante el análisis de los tres cortes principales: sagital, coronal y axial. Esto permitió la localización precisa de las piezas dentales seleccionadas para el estudio, específicamente los primeros premolares mandibulares, piezas 34 y 44. Durante este proceso, se realizaron diferentes inclinaciones y ajustes de posición en las imágenes con el fin de mejorar la visualización del conducto radicular y su trayectoria. El análisis se basó en la correlación de las imágenes obtenidas con los diferentes tipos de configuraciones de Vertucci, evaluando cuál de estas predominaba en cada caso. Para asegurar la correcta clasificación, se examinó la morfología radicular en los tres ejes mencionados, permitiendo una interpretación integral y precisa de la estructura interna de los conductos radiculares.

Tamaño de Muestra y Consideraciones Éticas:

Para mi investigación de tesis, necesitaba determinar cuántas tomografías computarizadas de haz cónico debía analizar para obtener resultados significativos. Consideré que mi población es finita, ya que tengo un número total de 1,500 posibles observaciones de tomografías.

Los parámetros utilizados para el cálculo fueron los siguientes:

- **Tamaño de la Población (N):** 1,500 tomografías de haz cónico.
- **Nivel de Significancia (Z):** 1.960, correspondiente a un nivel de confianza del 95%.
- **Prevalencia Esperada (P):** 50% (0.50), asumiendo una distribución equitativa de las configuraciones de Vertucci en los primeros premolares mandibulares.
- **Complemento de la Prevalencia Esperada (Q):** 50% (0.50).
- **Margen de Error (e):** 5% (0.05).

$$n = \frac{Z^2 \cdot P \cdot Q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot P \cdot Q}$$

La fórmula utilizada para calcular el tamaño de muestra en una población finita es:

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{(1.960)^2 \cdot (0.50) \cdot (0.50) \cdot 1500}{(0.05)^2 \cdot (1500 - 1) + (1.960)^2 \cdot (0.50) \cdot (0.50)}$$

El resultado obtenido fue de aproximadamente **100 tomografías**. Esto confirma que, para mi investigación, el análisis de 100 tomografías de haz cónico de primeros premolares mandibulares es suficiente para obtener resultados significativos con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Este estudio emplea un análisis estadístico en dos fases: **descriptiva e inferencial**, con el objetivo de identificar patrones y diferencias significativas en las configuraciones de Vertucci de los primeros premolares mandibulares en relación con el sexo y la edad de los pacientes. En la fase descriptiva, se calculan las frecuencias absolutas y relativas de las configuraciones radiculares observadas, permitiendo conocer la distribución de las diferentes configuraciones según los dientes estudiados, además de describir las características demográficas de los pacientes, como el sexo y la edad, utilizando medidas de tendencia central (media y mediana) y de dispersión (desviación estándar).

Por otro lado, en la fase inferencial, se utilizan pruebas estadísticas como el **chi-cuadrado (χ^2)** para evaluar la relación entre el sexo de los pacientes y las configuraciones de Vertucci, buscando identificar si existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en la distribución de las configuraciones radiculares. Para la edad, se emplean pruebas **t de Student o ANOVA**, dependiendo de la cantidad de grupos etarios, para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas en las configuraciones de los conductos según las categorías de edad. Se calculan **intervalos de confianza** y se obtiene el **valor p** para determinar la significancia estadística de las diferencias observadas. Un valor p menor a 0.05 indica que las diferencias encontradas no son atribuibles al azar, lo que respalda la hipótesis de que factores como el sexo y la edad pueden influir en las configuraciones radiculares.

De esta manera, el análisis estadístico no solo describe las configuraciones de Vertucci en los primeros premolares mandibulares, sino que también examina cómo las variables

demográficas (sexo y edad) están relacionadas con la variabilidad anatómica de estos dientes, lo cual es clave para mejorar el diagnóstico y los tratamientos endodónticos.

Supervisión y comunicación:

El desarrollo del trabajo fue supervisado por un comité académico especializado, asegurando la rigurosidad metodológica y la coherencia en la interpretación de los resultados.

Análisis de datos

Resultados:

Los resultados se presentan de manera clara y detallada, utilizando tablas que facilitan la visualización de los patrones y diferencias encontradas.

La información obtenida mediante el uso de Tomografía de Haz Cónico (CBCT) permitió organizar una hoja de cálculo en Microsoft Excel 2021. Luego de la codificación y depuración, los datos se exportaron al programa SPSS versión 27 en español, lo que permitió obtener la base de datos para el análisis estadístico, tanto descriptivo como inferencial. Se procesaron 100 casos, considerando una selección aleatoria (muestreo probabilístico); En este caso, el tamaño muestral se considera conveniente.

A nivel descriptivo, se calcularon las frecuencias simples y porcentuales para las variables demográficas: género y edad, así como para las variables independientes: tipo de raíz, clasificación de Vertucci, nivel de bifurcación del conducto y nivel de fusión radicular del conducto.

A nivel inferencial, se elaboraron tablas de contingencia para evaluar posibles relaciones entre las variables. Dado que dichas variables se consideran categóricas, se aplicó la prueba de independencia de chi cuadrado con un nivel de significación del 5%.

Tabla 1. Caracterización de la muestra, f (%)

Variable	Opción	f (%)
Edad	19-30	29 (29)
	30-45	41 (41)
	45-60	30 (30)
Género	Masculino	30 (30)
	Femenino	70 (70)
	Total	100 (100)

Los pacientes de quienes obtuvieron la información presentaban edades entre 19 y 60 años, con una media de 39 años y una desviación estándar de 12 años. Con la intención de obtener grupos similares en frecuencia, se establecen tres rangos etarios: de 19 a 30 años (29% de los casos), de 31 a 45 años (41% de los casos) y de 46 a 60 años (30% de los casos).

En cuanto al género, se observa un desequilibrio notable, ya que el 70% de los pacientes corresponde al género femenino y solo el 30% al masculino. Si bien esta distribución no refleja la proporción poblacional por género en Ecuador, responde a la tendencia mayoritaria de pacientes femeninas que acuden a consulta.

Tabla 2. Cantidad de raíces, f (%)

Raíces	Pieza 34	Pieza 44
	f (%)	f (%)
Uniradicular	98 (98)	99 (99)
Biradicular	2 (2)	1 (1)
Total	100 (100)	100 (100)

Al analizar la anatomía de los primeros premolares mandibulares, se consideran que casi la totalidad eran uniradiculares. De hecho, el 98% de las piezas 34 eran uniradiculares, al igual que el 99% de las piezas 44. Estos resultados reflejan una marcada tendencia, lo que llevó a que los análisis de contingencia se centraran únicamente en las piezas uniradiculares.

Tabla 3. Clasificación de Vertucci por premolar mandibular, f (%)

Opción	Pieza 34	Pieza 44
	f (%)	f (%)
Vertucci 1-1 Tipo 1	85 (85)	92 (92)
Vertucci 1-2-1 Tipo 3	3 (3)	2 (2)
Vertucci 1-2 Tipo 5	12 (12)	6 (6)

Total	100 (100)	100 (100)
--------------	-----------	-----------

Tanto para la pieza 34 como para la 44, prevaleció el tipo 1, con un 85% en la pieza 34 y un 92% en la pieza 44. El tipo 5 se presentó en el 12% de la pieza 34 y en el 6% de la pieza 44, mientras que el tipo 3 apareció únicamente en el 3% de la pieza 34 y en el 2% de la pi. La prueba de chi cuadrado estimó una significancia de $p = 0.87$, la cual, al ser mayor que el nivel de significación de la prueba (5%), permitió inferir que la clasificación de Vertucci no dependía de la pieza premolar (izquierda o derecha), puesto que los tipos aparecen equilibrados entre las dos piezas examinadas.

Tabla 4. Nivel de bifurcación del conducto, f (%)

Opción	Pieza 34	Pieza 44
	f (%)	f (%)
Ninguno	86 (86)	92 (92)
Coronal	(0)	(0)
Medio	13 (13)	6 (6)
Apical	1 (1)	2 (2)
Total	100 (100)	100 (100)

En referencia a la pieza 34, el 86% no presentó bifurcación, el 13% la presentó a nivel medio y el 1% a nivel apical. En cuanto a la pieza 44, el 92% no presentó bifurcación, el 6% la presentó a nivel medio y el 2% a nivel apical. No se observaron bifurcaciones a nivel coronal en ninguna de las piezas analizadas. Estos resultados son coherentes con el hecho de que los conductos lucían bastante estandarizados o normales.

Tabla 5 nivel de fusión radicular del conducto, f (%)

Opción	Pieza 34	Pieza 44
	f (%)	f (%)
Ninguno	89 (89)	94 (94)
Coronal	7 (7)	4 (4)
Apical	4 (4)	2 (2)
Total	100 (100)	100 (100)

En cuanto al nivel de fusión y considerando la pieza 34, se observó que el 89% no presentó fusión, el 7% la presentó a nivel coronal y el 4% a nivel apical. La tendencia fue similar para la pieza 44: el 94% no registró fusión (valor ligeramente superior al de la pieza 34), el 4% presentó fusión a nivel coronal y el 2% a nivel apical. Estos dos últimos resultados fueron comparativamente menores que los hallados en la pieza 34.

Nuevamente, la prueba de chi cuadrado no registró relación con la pieza premolar examinada ($p = 0,78$).

Como se mencionó anteriormente, solo dos piezas 34 y una pieza 44 presentaron dos raíces, y en todos los casos, la bifurcación se localizó a nivel medio-vestibular. Este resultado se presenta únicamente con fines descriptivos.

En este caso, solo una pieza 34 (1%) presentó fusión radicular a nivel coronal-vestibular, mientras que en la pieza 44 no se observó esta anatomía.

Al analizar la tendencia en estas dos últimas tablas, se refuerza la idea de que el análisis debía centrarse en la raíz principal y única. En atención a los objetivos, se realizará el análisis bivariado mediante tablas de contingencia, considerando las variables de control

edad y género como independientes, y excluyendo del análisis la anatomía de segundas raíces, dado su bajo nivel de presencia en la muestra seleccionada.

Tabla 6. Clasificación de Vertucci por pieza y edad, f (%)

Edad	Pieza 34			Pieza 44		
	Vertucci 1- 1 Tipo 1	Vertucci 1- 2-1 Tipo 3	Vertucci 1- 2 Tipo 5	Vertucci 1- 1 Tipo 1	Vertucci 1- 2-1 Tipo 3	Vertucci 1- 2 Tipo 5
19-30	26 (89,7)	1 (3,4)	2 (6,9)	28 (96,6)	0 (0)	1 (3,4)
30-45	32 (78)	2 (4,9)	7 (17,1)	36 (87,8)	1 (2,4)	4 (9,8)
45-60	27 (90)	0 (0)	3 (10)	28 (93,3)	1 (3,3)	1 (3,3)
Total	85 (85)	3 (3)	12 (12)	92 (92)	2 (2)	6 (6)

La prueba de chi cuadrado no compara una relación entre la clasificación de Vertucci y la edad ($p = 0,62$ para la pieza 34 y $p = 0,67$ para la pieza 44). En todo caso, el tipo 1 prevaleció en los tres grupos etarios y en ambas piezas evaluadas. No se observará una tendencia clara en la distribución de frecuencias para los otros tipos.

Tabla 7. Clasificación de Vertucci por pieza y género, f (%)

Género	Pieza 34			Pieza 44		
	Vertucci 1-1 Tipo 1	Vertucci 1-2-1 Tipo 3	Vertucci 1-2 Tipo 5	Vertucci 1-1 Tipo 1	Vertucci 1-2-1 Tipo 3	Vertucci 1-2 Tipo 5

Masculino	28 (93,3)	1 (3,3)	1 (3,3)	25 (83,3)	2 (6,7)	3 (10)
Femenino	57 (81,4)	2 (2,9)	11 (15,7)	67 (95,7)	0 (0)	3 (4,3)
Total	85 (85)	3 (3)	12 (12)	92 (92)	2 (2)	6 (6)

Se observaron ciertas discrepancias en relación con el género, dependiendo del premolar evaluado. En la pieza 34, el tipo 1 prevaleció en los varones (93%) sobre las mujeres (81%). En esta misma pieza, la proporción de mujeres con valoración tipo 5 (16%) fue mayor que la de los varones (3%).

En la pieza 44, en cambio, la valoración tipo 5 fue más frecuente en varones (10%) que en mujeres (4%). De todas maneras, la prueba de chi cuadrado no encontró una relación significativa entre las variables ($p = 0,32$).

CONCLUSIONES

- **Prevalencia de configuraciones radiculares:** La configuración de Vertucci más frecuente en los primeros premolares mandibulares fue el Tipo I, lo que indica una alta prevalencia de morfología uniradicular, lo que facilita los procedimientos endodónticos. No obstante, también se identificaron configuraciones como el Tipo V y el Tipo III, aunque en menor proporción.
- **Relación con edad y género:** No se encontró una relación estadísticamente significativa entre la configuración de Vertucci y la edad del paciente, lo que sugiere que la anatomía interna de los primeros premolares mandibulares permanece estable a lo largo del tiempo. En cuanto al género, aunque no hubo una influencia significativa, se observa una ligera tendencia a una mayor prevalencia del Tipo V en mujeres, lo que subraya la importancia de considerar las variaciones individuales en la planificación endodóntica.
- **Variabilidad anatómica y comparación poblacional:** La variabilidad anatómica entre poblaciones fue evidente al comparar los resultados con estudios previos en distintas regiones, destacando que, aunque el Tipo I es predominante en la mayoría de las poblaciones, la frecuencia de bifurcaciones y fusiones radiculares puede diferir considerablemente.
- **Importancia de la CBCT en endodoncia:** La CBCT demostró ser una herramienta altamente efectiva para la identificación de configuraciones anatómicas complejas y estructuras radiculares, permitiendo detectar bifurcaciones, fusiones radiculares y conductos accesorios que podrían no ser visibles con técnicas convencionales. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un diagnóstico preciso y detallado en endodoncia,

y se recomienda integrar esta tecnología en la evaluación preoperatoria para optimizar los procedimientos y mejorar el pronóstico clínico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que futuras investigaciones profundas en el estudio de la anatomía de los conductos radiculares, ya que comprender mejor sus variaciones permita optimizar la planificación y ejecución de los tratamientos endodónticos. Conocer las configuraciones anatómicas predominantes en una determinada población es fundamental para mejorar el éxito clínico y reducir posibles complicaciones.

Asimismo, se sugiere ampliar el alcance geográfico de este tipo de estudios, considerando no solo la ciudad analizada, sino también otros cantones y regiones del país, o incluso un estudio a nivel nacional que permita obtener una visión más completa de la morfología radicular en Ecuador.

Por otro lado, sería valioso realizar investigaciones similares en otras piezas dentales, especialmente aquellas que presentan mayor complejidad anatómica, con el fin de proporcionar información detallada que facilite la toma de decisiones clínicas en endodoncia.

REFERENCIAS

- Abella, F., Patel, S., Duran-Sindreu, F., Mercade, M., Bueno, R., & Roig, M. (2012). Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs. *J Endod*, 38(12), 1588-1591. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.09.003>
- Abella, F., Patel, S., Duran-Sindreu, F., Mercade, M., Bueno, R., & Roig, M. (2014). An evaluation of the periapical status of teeth with necrotic pulps using periapical radiography and cone-beam computed tomography. *Int Endod J*, 47(4), 387-396. <https://doi.org/10.1111/iej.12159>
- Abuabara, A., Baratto-Filho, F., Aguiar Anele, J., Leonardi, D. P., & Sousa-Neto, M. D. (2013). Efficacy of clinical and radiological methods to identify second mesiobuccal canals in maxillary first molars. *Acta Odontol Scand*, 71(1), 205-209. <https://doi.org/10.3109/00016357.2011.654262>
- Ahlowalia, M. S., Patel, S., Anwar, H. M., Cama, G., Austin, R. S., Wilson, R., & Mannocci, F. (2013). Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Int Endod J*, 46(6), 538-546. <https://doi.org/10.1111/iej.12023>
- Ahmad, I. A., & Alenezi, M. A. (2016). Root and Root Canal Morphology of Maxillary First Premolars: A Literature Review and Clinical Considerations. *J Endod*, 42(6), 861-872. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.017>
- Ahmed, H. M., & Abbott, P. V. (2012). Accessory roots in maxillary molar teeth: a review and endodontic considerations. *Aust Dent J*, 57(2), 123-131; quiz 248. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2012.01678.x>
- Ahmed, H. M., & Hashem, A. A. (2016). Accessory roots and root canals in human anterior teeth: a review and clinical considerations. *Int Endod J*, 49(8), 724-736. <https://doi.org/10.1111/iej.12508>
- Ahmed, H. M. A., & Dummer, P. M. H. (2018). A new system for classifying tooth, root and canal anomalies. *Int Endod J*, 51(4), 389-404. <https://doi.org/10.1111/iej.12867>
- Ahmed, H. M. A., Ibrahim, N., Mohamad, N. S., Nambiar, P., Muhammad, R. F., Yusoff, M., & Dummer, P. M. H. (2021). Application of a new system for classifying root and canal anatomy in studies involving micro-computed tomography and cone beam computed tomography: Explanation and elaboration. *Int Endod J*, 54(7), 1056-1082. <https://doi.org/10.1111/iej.13486>
- Ahmed, H. M. A., Versiani, M. A., De-Deus, G., & Dummer, P. M. H. (2017). A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J*, 50(8), 761-770. <https://doi.org/10.1111/iej.12685>
- Ajuz, N. C., Armada, L., Goncalves, L. S., Debelian, G., & Siqueira, J. F., Jr. (2013). Glide path preparation in S-shaped canals with rotary pathfinding nickel-titanium instruments. *J Endod*, 39(4), 534-537. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.025>
- Al-Zubaidi, S. M., Almansour, M. I., Alshammari, A. S., Al Mansour, N. N., Alshammari, A. F., Altamimi, Y. S., & Madfa, A. A. (2022). Root and Canal Morphology of Mandibular Premolars in a Saudi Subpopulation: A Cone-Beam Computed Tomography Study. *Int J Dent*, 2022, 4038909. <https://doi.org/10.1155/2022/4038909>
- Al Mheiri, E., Chaudhry, J., Abdo, S., El Abed, R., Khamis, A. H., & Jamal, M. (2020). Evaluation of root and canal morphology of maxillary permanent first molars in an Emirati population; a cone-beam computed tomography study. *BMC Oral Health*, 20(1), 274. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01269-2>

- Alenezi, M. A., Al-Nazhan, S. A., & Al-Omari, M. A. (2022). Three-dimensional evaluation of root canal morphology of maxillary first premolars: Micro-computed tomographic study. *Saudi Dent J*, 34(7), 611-616. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2022.07.004>
- Algarni, Y. A., Almufarrij, M. J., Almoshafi, I. A., Alhayaza, H. H., Alghamdi, N., & Baba, S. M. (2021). Morphological variations of mandibular first premolar on cone-beam computed tomography in a Saudi Arabian sub-population. *Saudi Dent J*, 33(3), 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2019.11.013>
- Allawi, S., Ayoubi, H., Al-Tayyan, M., Toutangy, E., & Tolibah, Y. A. (2023). Evaluation of roots, root canal morphology, and bilateral symmetry of maxillary first molars in a Syrian subpopulation using cone beam computed tomography. *Clin Exp Dent Res*, 9(6), 1149-1155. <https://doi.org/10.1002/cre2.782>
- Baratto Filho, F., Zaitter, S., Haragushiku, G. A., de Campos, E. A., Abuabara, A., & Correr, G. M. (2009). Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *J Endod*, 35(3), 337-342. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.022>
- Beatty, R. G., & Vertucci, F. J. (1984). The porcine jaw: an aid for teaching endodontic surgery. *J Endod*, 10(7), 335-337. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(84\)80191-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80191-0)
- Bechara, B., Alex McMahan, C., Moore, W. S., Noujeim, M., Teixeira, F. B., & Geha, H. (2013). Cone beam CT scans with and without artefact reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofac Radiol*, 42(5), 20120245. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20120245>
- Beljic-Ivanovic, K., & Teodorovic, N. (2010). [Morphological characteristics of mesiobuccal root canals of the first maxillary molars]. *Srp Arh Celok Lek*, 138(7-8), 414-419. <https://doi.org/10.2298/sarh1008414b>
- Bonaccorso, A., Cantatore, G., Condorelli, G. G., Schafer, E., & Tripi, T. R. (2009). Shaping ability of four nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod*, 35(6), 883-886. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.007>
- Bornstein, M. M., Horner, K., & Jacobs, R. (2017). Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontol 2000*, 73(1), 51-72. <https://doi.org/10.1111/prd.12161>
- Burklein, S., Heck, R., & Schafer, E. (2017). Evaluation of the Root Canal Anatomy of Maxillary and Mandibular Premolars in a Selected German Population Using Cone-beam Computed Tomographic Data. *J Endod*, 43(9), 1448-1452. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.044>
- Can, E. D., Gerek, M., Kayahan, M. B., Mohseni, K., Sunay, H., & Bayirli, G. (2014). Comparision of two different preparation protocol of Ni-Ti Rotary PathFile-ProTaper instruments in simulated s-shaped canals. *Acta Odontol Scand*, 72(1), 76-80. <https://doi.org/10.3109/00016357.2013.805430>
- Ceyhanli, K. T., Kamaci, A., Taner, M., Erdilek, N., & Celik, D. (2015). Shaping ability of two M-wire and two traditional nickel-titanium instrumentation systems in S-shaped resin canals. *Niger J Clin Pract*, 18(6), 713-717. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.163294>
- Chang, E., Lam, E., Shah, P., & Azarpazhooh, A. (2016). Cone-beam Computed Tomography for Detecting Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review. *J Endod*, 42(2), 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.10.005>
- Chaniotis, A., & Ordinola-Zapata, R. (2022). Present status and future directions: Management of curved and calcified root canals. *Int Endod J*, 55 Suppl 3, 656-684. <https://doi.org/10.1111/iej.13685>

- Chen, C., Zhu, T., Wu, H., Zhao, X., Leng, D., Wang, J., Yang, L., & Wu, D. (2022). Prevalence and correlation of C-shaped root canals of mandibular premolars and molars in Eastern Chinese individuals. *Sci Rep*, 12(1), 19779. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24381-5>
- Cleghorn, B. M., Christie, W. H., & Dong, C. C. (2006). Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *J Endod*, 32(9), 813-821. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.04.014>
- de Almeida-Gomes, F., Maniglia-Ferreira, C., Carvalho de Sousa, B., & Alves dos Santos, R. (2009). Six root canals in maxillary first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108(3), e157-159. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.04.032>
- Del Fabbro, M., Corbella, S., Sequeira-Byron, P., Tsesis, I., Rosen, E., Lolato, A., & Taschieri, S. (2016). Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. *Cochrane Database Syst Rev*, 10(10), CD005511. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005511.pub3>
- Deng, L., Zhang, M., Wang, J., Huang, S., & Yang, X. (2022). Improving cone-beam CT quality using a cycle-residual connection with a dilated convolution-consistent generative adversarial network. *Phys Med Biol*, 67(14). <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ac7b0a>
- Dogan, M. S., Callea, M., Yavuz, I., Aksoy, O., Clarich, G., Gunay, A., Gunay, A., Guven, S., Maglione, M., & Akkus, Z. (2015). An evaluation of clinical, radiological and three-dimensional dental tomography findings in ectodermal dysplasia cases. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 20(3), e340-346. <https://doi.org/10.4317/medoral.20303>
- Drukteinis, S., Peciuliene, V., Dummer, P. M. H., & Hupp, J. (2019). Shaping ability of BioRace, ProTaper NEXT and Genius nickel-titanium instruments in curved canals of mandibular molars: a MicroCT study. *Int Endod J*, 52(1), 86-93. <https://doi.org/10.1111/iej.12961>
- Ee, J., Fayad, M. I., & Johnson, B. R. (2014). Comparison of endodontic diagnosis and treatment planning decisions using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography. *J Endod*, 40(7), 910-916. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.002>
- El-Ma'aita, A., Radwan, H., & Al-Rabab'ah, M. (2024). Deep Margin Elevation – A Retrospective Clinical Study. *J Adhes Dent*, 26(1), 117-124. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b5199089>
- Elsaltani, M. H., Farid, M. M., & Eldin Ashmawy, M. S. (2016). Detection of Simulated Vertical Root Fractures: Which Cone-beam Computed Tomographic System Is the Most Accurate? *J Endod*, 42(6), 972-977. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.03.013>
- Feragalli, B., Rampado, O., Abate, C., Macri, M., Festa, F., Stromeli, F., Caputi, S., & Guglielmi, G. (2017). Cone beam computed tomography for dental and maxillofacial imaging: technique improvement and low-dose protocols. *Radiol Med*, 122(8), 581-588. <https://doi.org/10.1007/s11547-017-0758-2>
- Fouad, A. F. (2017). Microbial Factors and Antimicrobial Strategies in Dental Pulp Regeneration. *J Endod*, 43(9S), S46-S50. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.010>
- Fransson, H., & Dawson, V. (2023). Tooth survival after endodontic treatment. *Int Endod J*, 56 Suppl 2, 140-153. <https://doi.org/10.1111/iej.13835>
- Gao, L., Xie, K., Wu, X., Lu, Z., Li, C., Sun, J., Lin, T., Sui, J., & Ni, X. (2021). Generating synthetic CT from low-dose cone-beam CT by using generative adversarial networks for adaptive radiotherapy. *Radiat Oncol*, 16(1), 202. <https://doi.org/10.1186/s13014-021-01928-w>

- Gu, Y., Zhang, Y., & Liao, Z. (2013). Root and canal morphology of mandibular first premolars with radicular grooves. *Arch Oral Biol*, 58(11), 1609-1617.
<https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.07.014>
- Gupta, D., & Grewal, N. (2005). Root canal configuration of deciduous mandibular first molars--an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 23(3), 134-137.
<https://doi.org/10.4103/0970-4388.16886>
- Gupta, S., Sinha, D. J., Gowhar, O., Tyagi, S. P., Singh, N. N., & Gupta, S. (2015). Root and canal morphology of maxillary first premolar teeth in north Indian population using clearing technique: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 18(3), 232-236.
<https://doi.org/10.4103/0972-0707.157260>
- Hans, M. G., Palomo, J. M., & Valiathan, M. (2015). History of imaging in orthodontics from Broadbent to cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 148(6), 914-921. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.09.007>
- Hartmann, R. C., Baldasso, F. E., Sturmer, C. P., Acauan, M. D., Scarpa, R. K., Morgental, R. D., Bryant, S., Dummer, P. M., de Figueiredo, J. A., & Vier-Pelisser, F. V. (2013). Clinically relevant dimensions of 3-rooted maxillary premolars obtained via high-resolution computed tomography. *J Endod*, 39(12), 1639-1645.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.029>
- Jacobs, R. (2011). Dental cone beam CT and its justified use in oral health care. *JBR-BTR*, 94(5), 254-265. <https://doi.org/10.5334/jbr-btr.662>
- Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1), 88. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0523-5>
- Jacobsen, E. L., Dick, K., & Bodell, R. (1994). Mandibular first molars with multiple mesial canals. *J Endod*, 20(12), 610-613. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80088-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80088-9)
- Jin, J. Y., Ren, L., Liu, Q., Kim, J., Wen, N., Guan, H., Movsas, B., & Chetty, I. J. (2010). Combining scatter reduction and correction to improve image quality in cone-beam computed tomography (CBCT). *Med Phys*, 37(11), 5634-5644.
<https://doi.org/10.1111/1.3497272>
- Kim, S. H., Kim, K. B., & Choo, H. (2022). New Frontier in Advanced Dentistry: CBCT, Intraoral Scanner, Sensors, and Artificial Intelligence in Dentistry. *Sensors (Basel)*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/s22082942>
- Komuro, A., Yamada, Y., Uesugi, S., Terashima, H., Kimura, M., Kishimoto, H., Iida, T., Sakamoto, K., Okuda, K., Kusano, K., Baba, S., & Sakamoto, T. (2021). Accuracy and dimensional reproducibility by model scanning, intraoral scanning, and CBCT imaging for digital implant dentistry. *Int J Implant Dent*, 7(1), 63.
<https://doi.org/10.1186/s40729-021-00343-w>
- Kulkarni, V., Duruel, O., Ataman-Duruel, E. T., Tozum, M. D., Nares, S., & Tozum, T. F. (2020). In-depth morphological evaluation of tooth anatomic lengths with root canal configurations using cone beam computed tomography in North American population. *J Appl Oral Sci*, 28, e20190103. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2019-0103>
- Kuoch, P., Duplan, M. B., Beres, F., Bonte, E., & Couvrechel, C. (2023). Clinical identification and endodontic management of furcation canals: a case series. *Braz Dent J*, 34(1), 132-138. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202304817>
- Li, J., Bergeron, B. E., Chao, J., Xu, T., Tay, F. R., & Fan, B. (2020). Micro-computed tomography evaluation of root canal filling quality with apical negative pressure. *J Dent*, 100, 103431. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103431>

- Lin, L., Dowden, W. E., & Langeland, K. (1982). Bilateral dilaceration. *J Endod*, 8(2), 85-87. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(82\)80264-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(82)80264-1)
- Lin, S. T., Bolas, N. M., Peter, V. G., Pokora, R., Patrick, H., Foote, A. K., Sargan, D. R., & Murray, R. C. (2024). Comparison of cone-beam and fan-beam computed tomography and low-field magnetic resonance imaging for detection of palmar/plantar osteochondral disease in Thoroughbred horses. *Equine Vet J*, 56(5), 999-1007. <https://doi.org/10.1111/evj.14023>
- Lin, Y., Xiang, Y., Chen, X., Wang, H., Cao, N., Xu, X., Zhang, Y., & Wu, Z. (2021). Multiple root canals in the maxillary molar: an unusual case report. *BMC Oral Health*, 21(1), 423. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01771-1>
- Ludlow, J. B., Timothy, R., Walker, C., Hunter, R., Benavides, E., Samuelson, D. B., & Scheske, M. J. (2015). Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol*, 44(1), 20140197. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140197>
- Lumerman, H., & Tamagna, J. A. (1967). Hypercementosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 24(2), 208-209. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(67\)90263-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(67)90263-0)
- Magalhaes, J., Velozo, C., Albuquerque, D., Soares, C., Oliveira, H., Pontual, M. L., Ramos-Perez, F., & Pontual, A. (2022). Morphological Study of Root Canals of Maxillary Molars by Cone-Beam Computed Tomography. *ScientificWorldJournal*, 2022, 4766305. <https://doi.org/10.1155/2022/4766305>
- Mah, J. K., Huang, J. C., & Choo, H. (2010). Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J Am Dent Assoc*, 141 Suppl 3, 7S-13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0361>
- Mahmoud, O., Alhimairi, S., Sultan, D., & Ali, A. (2024). Shaping Ability of Different Rotary and Reciprocating File Systems in Simulated S-Shaped Root Canals. *Eur Endod J*, 9(2), 114 - 123. <https://doi.org/10.14744/eej.2023.93824>
- Marcano-Caldera, M., Mejia-Cardona, J. L., Blanco-Uribe, M. D. P., Chaverra-Mesa, E. C., Rodriguez-Lezama, D., & Parra-Sanchez, J. H. (2019). Fused roots of maxillary molars: characterization and prevalence in a Latin American sub-population: a cone beam computed tomography study. *Restor Dent Endod*, 44(2), e16. <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e16>
- Marceliano-Alves, M. F., Amoroso-Silva, P., Alves, F. R. F., Soimu, G., Provenzano, J. C., Campello, A. F., Duarte, M. L., Moreno, J. O., Sierra-Cristancho, A., Calle, J. T., Rocas, I. N., & Siqueira, J. F., Jr. (2023). Multipopulation evaluation of the internal morphology of mandibular first premolars from different South American countries. A micro-computed tomography study. *Arch Oral Biol*, 156, 105809. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2023.105809>
- Mashyakhy, M. H., Chourasia, H. R., Jabali, A. H., Bajawi, H. A., Jamal, H., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2020). C-shaped canal configuration in mandibular premolars and molars: Prevalence, correlation, and differences: An In Vivo study using cone-beam computed tomography. *Niger J Clin Pract*, 23(2), 232-239. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_335_19
- Masse, L., Garot, E., Maureille, B., & Le Cabec, A. (2023). Insights into the aetiologies of hypercementosis: A systematic review and a scoring system. *Arch Oral Biol*, 146, 105599. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2022.105599>
- Miloglu, O., Cakici, F., Caglayan, F., Yilmaz, A. B., & Demirkaya, F. (2010). The prevalence of root dilacerations in a Turkish population. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 15(3), e441-444. <https://doi.org/10.4317/medoral.15.e441>

- Mirah, M. A., Bafail, A., Baik, A., Abu Zaid, B., Hakeem, M., & Ghabbani, H. (2023). Root Canal Morphology of Premolars in Saudis. *Cureus*, 15(9), e45888. <https://doi.org/10.7759/cureus.45888>
- Moreno, J. O., Duarte, M. L., Marceliano-Alves, M. F., Alves, F. R., Siqueira, J. F., Jr., & Provenzano, J. C. (2021). Micro-computed tomographic evaluation of root canal morphology in mandibular first premolars from a Colombian population. *Acta Odontol Latinoam*, 34(1), 50-55. <https://doi.org/10.54589/aol.34/1/050> (Avaliacao microromografica da morfologia interna de canais de primeiros pre-molares de uma populacao colombiana.)
- Mozzo, P., Procacci, C., Tacconi, A., Martini, P. T., & Andreis, I. A. (1998). A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*, 8(9), 1558-1564. <https://doi.org/10.1007/s003300050586>
- Nasseh, I., & Al-Rawi, W. (2018). Cone Beam Computed Tomography. *Dent Clin North Am*, 62(3), 361-391. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>
- Nazeer, M. R., Khan, F. R., & Ghafoor, R. (2018). Evaluation of root morphology and canal configuration of Maxillary Premolars in a sample of Pakistani population by using Cone Beam Computed Tomography. *J Pak Med Assoc*, 68(3), 423-427. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29540878>
- Ng, Y. L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2010). Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*, 43(3), 171-189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01671.x>
- Omarova, S., Cannon, A., Weiss, W., Brucolieri, A., & Puccio, J. (2022). Genital Herpes Simplex Virus-An Updated Review. *Adv Pediatr*, 69(1), 149-162. <https://doi.org/10.1016/j.yapd.2022.03.010>
- Ordinola-Zapata, R., Martins, J. N. R., Versiani, M. A., & Bramante, C. M. (2019). Micro-CT analysis of danger zone thickness in the mesiobuccal roots of maxillary first molars. *Int Endod J*, 52(4), 524-529. <https://doi.org/10.1111/iej.13025>
- Paiva, H. C., Akisue, E., Ferreira, F. P., Matos, K. N., Al Zaibak, H., Scardini, I. L., Caldeira, C. L., Candeiro, G. M., & Gavini, G. (2023). The use of cone beam computed tomography by brazilian endodontists: A questionnaire-based survey. *J Clin Exp Dent*, 15(11), e938-e944. <https://doi.org/10.4317/jced.60855>
- Patel, S., Bhuva, B., & Bose, R. (2022). Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J*, 55 Suppl 3(Suppl 3), 804-826. <https://doi.org/10.1111/iej.13737>
- Patel, S., Brown, J., Pimentel, T., Kelly, R. D., Abella, F., & Durack, C. (2019). Cone beam computed tomography in Endodontics - a review of the literature. *Int Endod J*, 52(8), 1138-1152. <https://doi.org/10.1111/iej.13115>
- Patel, S., Dawood, A., Ford, T. P., & Whaites, E. (2007). The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*, 40(10), 818-830. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x>
- Patel, S., Dawood, A., Whaites, E., & Pitt Ford, T. (2009). New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J*, 42(6), 447-462. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01530.x>
- Patel, S., Kanagasingam, S., & Mannocci, F. (2010). Cone beam computed tomography (CBCT) in endodontics. *Dent Update*, 37(6), 373-379. <https://doi.org/10.12968/denu.2010.37.6.373>

- Peng, L., Zhao, J., Wang, Z. H., Sun, Y. C., & Liang, Y. H. (2021). Accuracy of root-end resection using a digital guide in endodontic surgery: An in vitro study. *J Dent Sci*, 16(1), 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.06.024>
- Pinheiro, B. C., Pinheiro, T. N., Capelozza, A. L., & Consolaro, A. (2008). A scanning electron microscopic study of hypercementosis. *J Appl Oral Sci*, 16(6), 380-384. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572008000600005>
- Rehman, K., Khan, F. R., & Habib, S. (2015). Diaphonization: a recipe to study teeth. *J Contemp Dent Pract*, 16(3), 248-251. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1670>
- Ricucci, D., & Siqueira, J. F., Jr. (2010). Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod*, 36(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.038>
- Ricucci, D., Siqueira, J. F., Jr., Rocas, I. N., Lipski, M., Shiban, A., & Tay, F. R. (2020). Pulp and dentine responses to selective caries excavation: A histological and histobacteriological human study. *J Dent*, 100, 103430. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103430>
- Rusanov, B., Hassan, G. M., Reynolds, M., Sabet, M., Kendrick, J., Rowshanfarzad, P., & Ebert, M. (2022). Deep learning methods for enhancing cone-beam CT image quality toward adaptive radiation therapy: A systematic review. *Med Phys*, 49(9), 6019-6054. <https://doi.org/10.1002/mp.15840>
- Schafer, E., Diez, C., Hoppe, W., & Tepel, J. (2002). Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod*, 28(3), 211-216. <https://doi.org/10.1097/00004770-200203000-00017>
- Schulze, R., Heil, U., Gross, D., Bruellmann, D. D., Dranischnikow, E., Schwanecke, U., & Schoemer, E. (2011). Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol*, 40(5), 265-273. <https://doi.org/10.1259/dmfr/30642039>
- Setzer, F. C., Hinckley, N., Kohli, M. R., & Karabucak, B. (2017). A Survey of Cone-beam Computed Tomographic Use among Endodontic Practitioners in the United States. *J Endod*, 43(5), 699-704. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.021>
- Setzer, F. C., & Kratchman, S. I. (2022). Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J*, 55 Suppl 4, 1020-1058. <https://doi.org/10.1111/iej.13783>
- Setzer, F. C., & Lee, S. M. (2021). Radiology in Endodontics. *Dent Clin North Am*, 65(3), 475-486. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2021.02.004>
- Sierra-Cristancho, A., Gonzalez-Osuna, L., Poblete, D., Cafferata, E. A., Carvajal, P., Lozano, C. P., & Vernal, R. (2021). Micro-tomographic characterization of the root and canal system morphology of mandibular first premolars in a Chilean population. *Sci Rep*, 11(1), 93. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80046-1>
- Siqueira, J. F., Jr., & Rocas, I. N. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod*, 34(11), 1291-1301 e1293. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.028>
- Sousa-Neto, M. D., Silva-Sousa, Y. C., Mazzi-Chaves, J. F., Carvalho, K. K. T., Barbosa, A. F. S., Versiani, M. A., Jacobs, R., & Leoni, G. B. (2018). Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. *Braz Oral Res*, 32(suppl 1), e66. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0066>
- Stewart, H. L., Siewerdsen, J. H., Nelson, B. B., & Kawcak, C. E. (2021). Use of cone-beam computed tomography for advanced imaging of the equine patient. *Equine Vet J*, 53(5), 872-885. <https://doi.org/10.1111/evj.13473>
- Tassoker, M., & Sener, S. (2018). Analysis of the root canal configuration and C-shaped canal frequency of mandibular second molars: a cone beam computed tomography

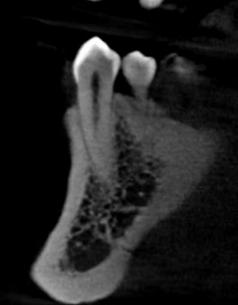
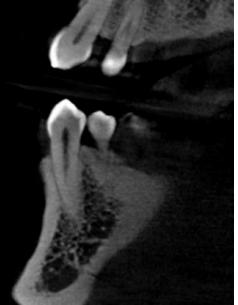
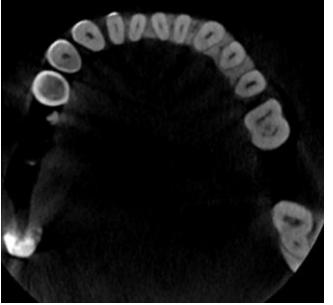
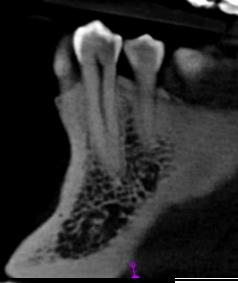
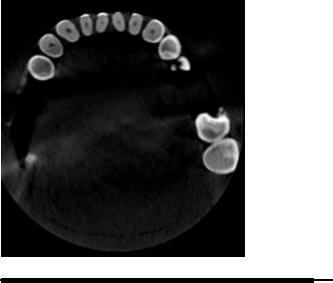
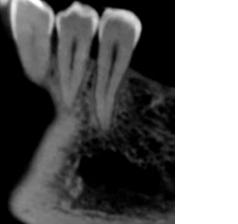
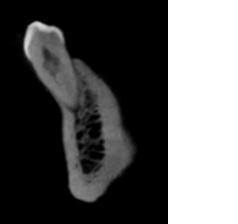
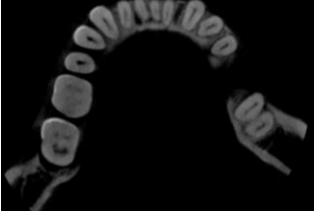
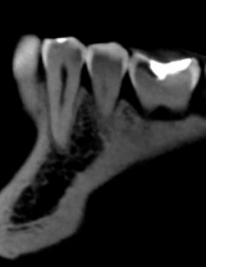
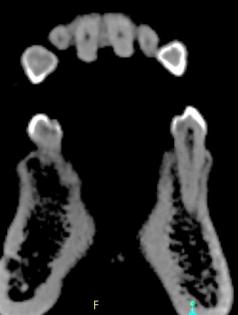
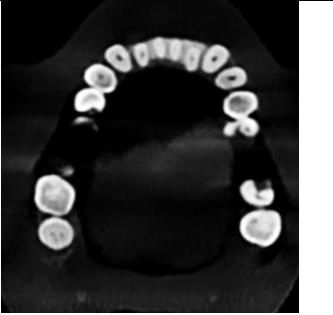
- study. *Folia Morphol (Warsz)*, 77(4), 752-757.
<https://doi.org/10.5603/FM.a2018.0040>
- Tiepo, M., Magrin, G., Kovalik, A. C., Marmora, B., Silva, M. F., & Raitz, R. (2017). Evaluation of Root Fracture in endodontically treated Teeth using Cone Beam Computed Tomography. *J Contemp Dent Pract*, 18(2), 94-99.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1997>
- Torabinejad, M., & White, S. N. (2016). Endodontic treatment options after unsuccessful initial root canal treatment: Alternatives to single-tooth implants. *J Am Dent Assoc*, 147(3), 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2015.11.017>
- Trope, M., Elfenbein, L., & Tronstad, L. (1986). Mandibular premolars with more than one root canal in different race groups. *J Endod*, 12(8), 343-345.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80035-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80035-8)
- Vag, J., Stevens, C. D., Badahman, M. H., Ludlow, M., Sharp, M., Brenes, C., Mennito, A., & Renne, W. (2023). Trueness and precision of complete arch dentate digital models produced by intraoral and desktop scanners: An ex-vivo study. *J Dent*, 139, 104764.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104764>
- VanGheluwe, J., & Wilcox, L. R. (1996). Lateral condensation of small, curved root canals: comparison of two types of accessory cones. *J Endod*, 22(10), 540-542.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80014-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80014-8)
- Venskutonis, T., Plotino, G., Juodzbalys, G., & Mickeviciene, L. (2014). The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: a review of the literature. *J Endod*, 40(12), 1895-1901.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.05.009>
- Vertucci, F. J. (1978). Root canal morphology of mandibular premolars. *J Am Dent Assoc*, 97(1), 47-50. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1978.0443>
- Vertucci, F. J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 58(5), 589-599. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90085-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90085-9)
- Vertucci, F. J., & Bucher, J. F. (1979). The management of endodontic emergencies. I. Emergencies occurring before the initiation of therapy. *Fla Dent J*, 50(1), 23-28.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/295757>
- Villa, N., Weissheimer, T., Vier-Pelisser, F. V., Alcalde, M. P., Vivan, R. R., Duarte, M. A. H., da Rosa, R. A., & So, M. V. R. (2022). Comparative study of Vertucci and Ahmed classifications to evaluate the main root canal configuration of mandibular incisors in a Brazilian population. *Aust Endod J*, 48(3), 409-414.
<https://doi.org/10.1111/aej.12576>
- von Arx, T., Friedli, M., Sendi, P., Lozanoff, S., & Bornstein, M. M. (2013). Location and dimensions of the mental foramen: a radiographic analysis by using cone-beam computed tomography. *J Endod*, 39(12), 1522-1528.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.033>
- Wang, F. M., Rudman, J., Walsh, R. M., & Jalali, P. (2023). A retrospective study of initial root canal treatment failure in maxillary premolars via using cone-beam computed tomography. *J Am Dent Assoc*, 154(6), 471-478.
<https://doi.org/10.1016/j.adaj.2023.02.012>
- Weber, M. T., Stratz, N., Fleiner, J., Schulze, D., & Hannig, C. (2015). Possibilities and limits of imaging endodontic structures with CBCT. *Swiss Dent J*, 125(3), 293-311.
<https://doi.org/10.6187/sdj-2015-03-02>
- Wolf, T. G., Kim, P., Campus, G., Stiebrtz, M., Siegrist, M., & Briseno-Marroquin, B. (2020). 3-Dimensional Analysis and Systematic Review of Root Canal Morphology

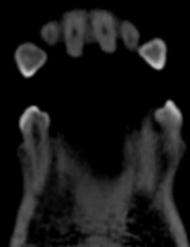
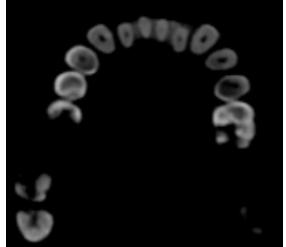
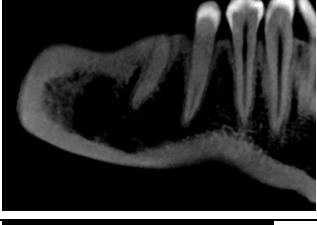
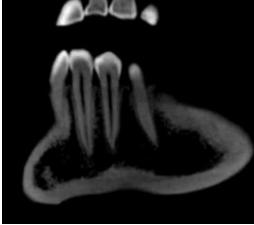
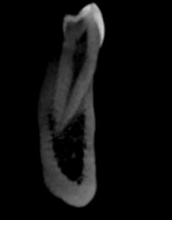
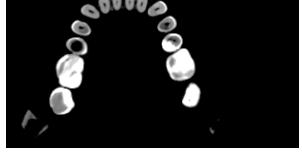
- and Physiological Foramen Geometry of 109 Mandibular First Premolars by Micro-computed Tomography in a Mixed Swiss-German Population. *J Endod*, 46(6), 801-809. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.002>
- Wolf, T. G., Willems, L., & Briseno-Marroquin, B. (2021). An in vitro endodontic model to quantify the accessory canal filling potential of the vertical and lateral condensation techniques. *Aust Endod J*, 47(2), 245-251. <https://doi.org/10.1111/aej.12465>
- Yang, S. E., Lee, T. Y., & Kim, K. J. (2021). Prevalence and Morphology of C-Shaped Canals: A CBCT Analysis in a Korean Population. *Scanning*, 2021, 9152004. <https://doi.org/10.1155/2021/9152004>
- Yang, Y., Jiang, C., Chen, M., Zeng, J., & Wu, B. (2022). Vertucci's root canal configuration of 11,376 mandibular anteriors and its relationship with distolingual roots in mandibular first molars in a Cantonese population: a cone-beam computed tomography study. *BMC Oral Health*, 22(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02078-5>
- Zhang, Y., Yue, N., Su, M. Y., Liu, B., Ding, Y., Zhou, Y., Wang, H., Kuang, Y., & Nie, K. (2021). Improving CBCT quality to CT level using deep learning with generative adversarial network. *Med Phys*, 48(6), 2816-2826. <https://doi.org/10.1002/mp.14624>
- Zheng, Q. H., Wang, Y., Zhou, X. D., Wang, Q., Zheng, G. N., & Huang, D. M. (2010). A cone-beam computed tomography study of maxillary first permanent molar root and canal morphology in a Chinese population. *J Endod*, 36(9), 1480-1484. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.018>

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE IMÁGENES TOMOGRÁFICAS DE LAS MUESTRA DEL ESTUDIO.	81
ANEXO B. DOCUMENTO DE ACEPTACIÓN DEL CEISH-USFQ	140

Anexo A: TABLA DE IMÁGENES TOMOGRÁFICAS DE LAS MUESTRA DEL ESTUDIO

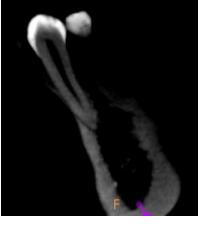
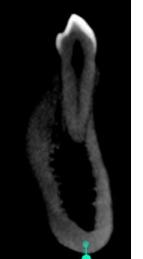
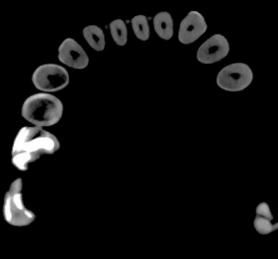
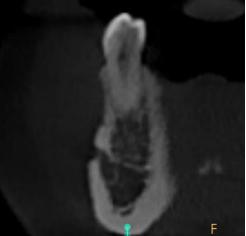
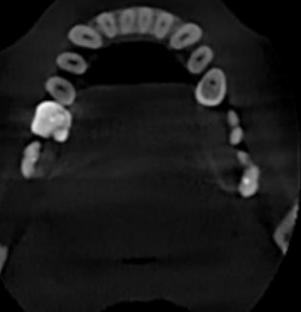
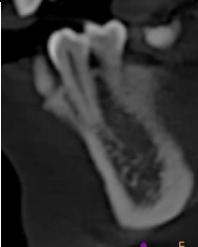
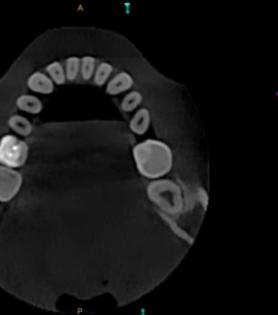
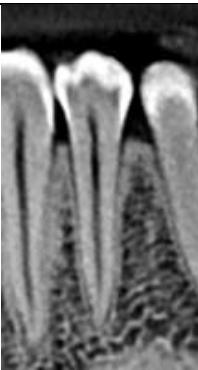
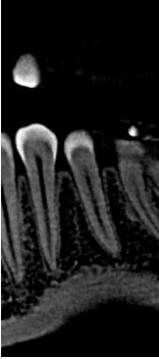
Muestra	Sagital	Coronal	Axial
Muestra 1 Pieza 44			
Muestra1 Pieza 34			
Muestra2 Pieza 44			
Muestra2 Pieza 34			
Muestra3 Pieza 34			

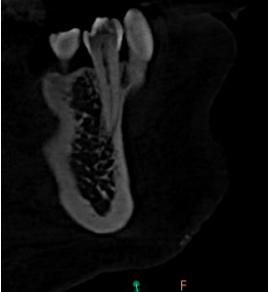
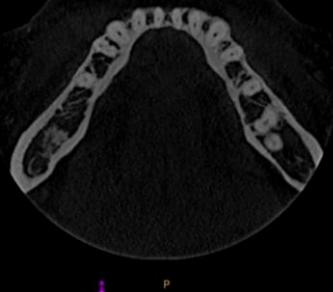
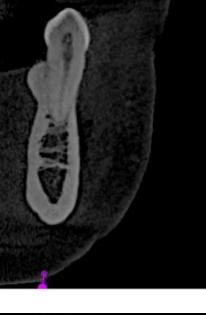
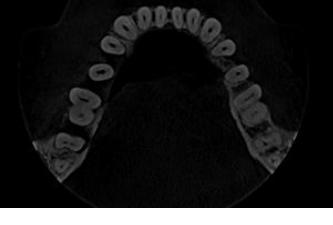
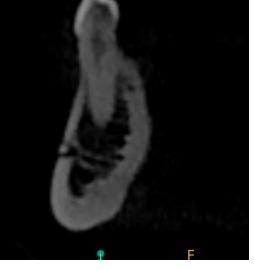
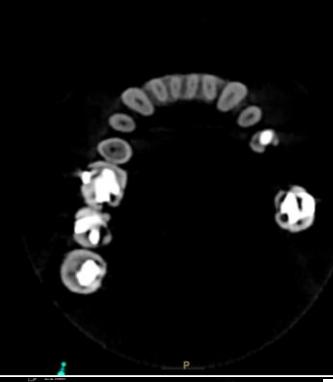
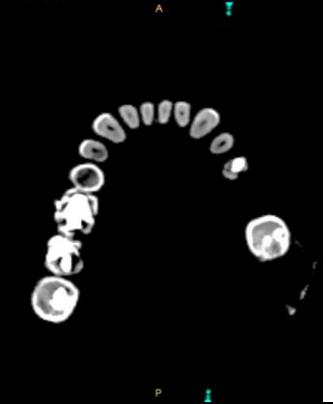
Muestra3 Pieza 44						
Muestra4 Pieza 34						
Muestra4 Pieza 44						
Muestra5 Pieza 34						
Muestra5 tomo 11 Pieza 44						
Muestra6 tomo 13 Pieza 34						

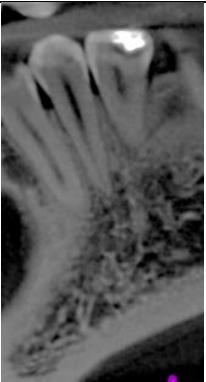
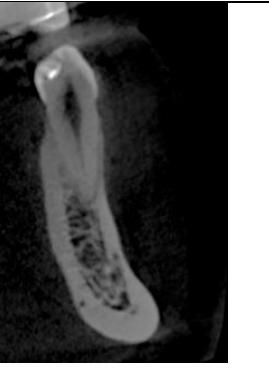
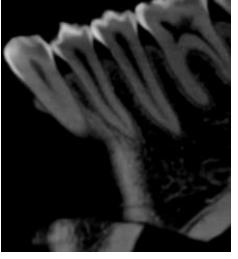
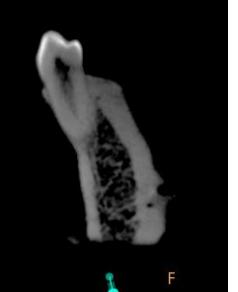
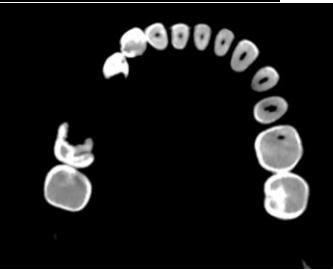
Muestra6 Tomo13 Pieza 44						
Muestra7 tomo 14 Pieza 34						
Muestra7 tomo 14 Pieza 44						
Muestra8 tomo 15 Pieza 34						
Muestra8 tomo 15 Pieza 44						
Muestra9 tomo 16 Pieza 34						

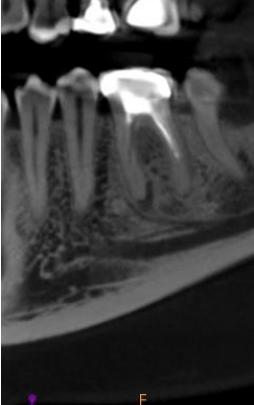
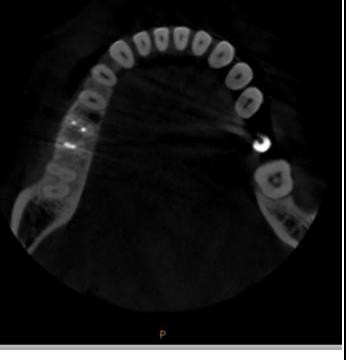
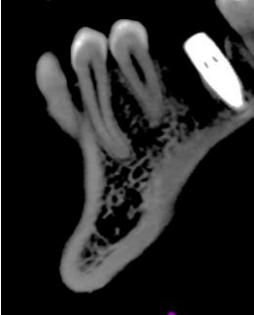
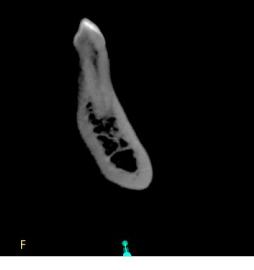
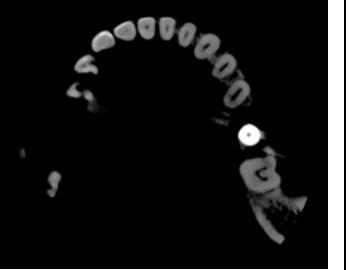
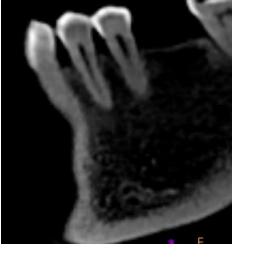
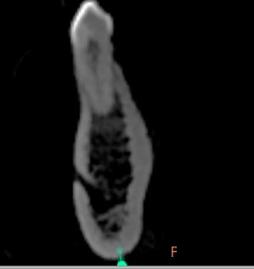
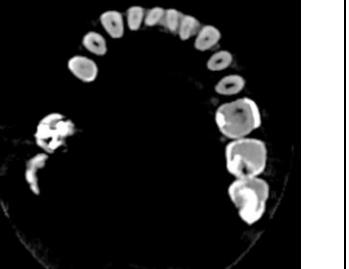
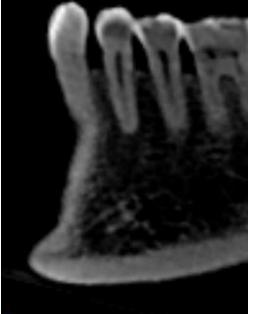
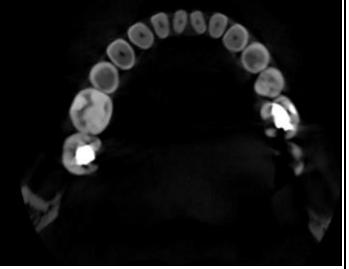
Muestra9 tomo 16 Pieza 44			
Muestra10 tomo 17 Pieza 34			
Muestra10 tomo 17 Pieza 44			
Muestra11 tomo 22 Pieza 34			
Muestra11 tomo 22 Pieza 44			

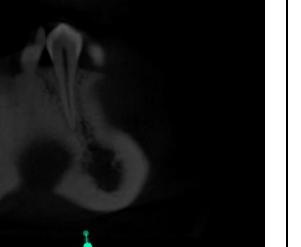
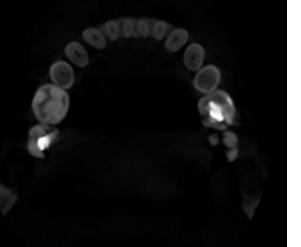
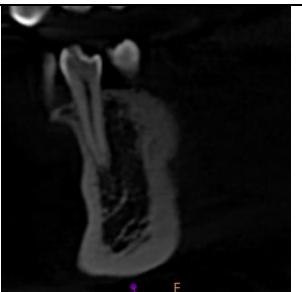
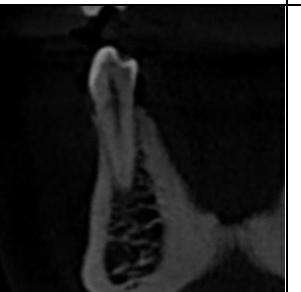
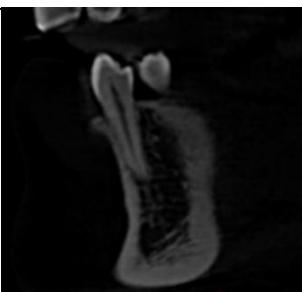
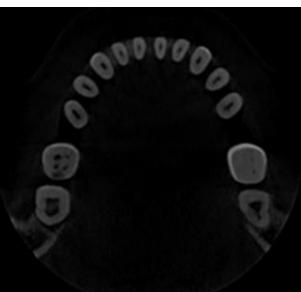
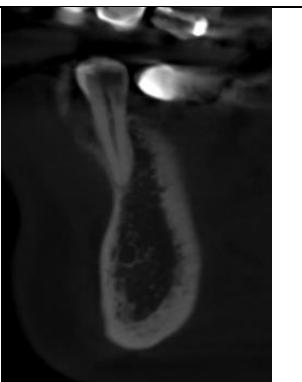
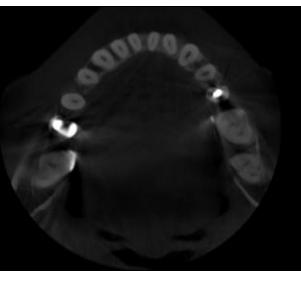
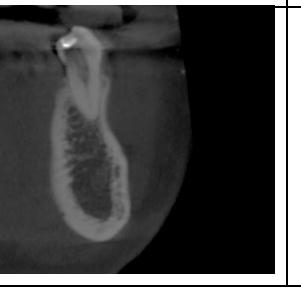
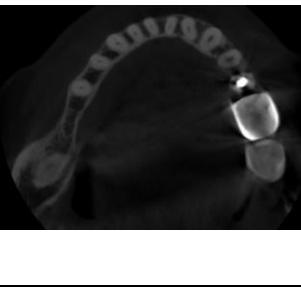
Muestra12 tomo 23 Pieza 34			
Muestra12 tomo 23 Pieza 44			
Muestra13 Tomo5(1 a 10) Pieza 34			
Muestra13 Tomo5(1 a 10) Pieza 44			
Muestra14 tomo 30 Pieza 34			

Muestra14 tomo 30 Pieza 44			
Muestra15 tomo 31 Pieza 34			
Muestra15 tomo 31 Pieza 44			
Muestra16 Pieza 34			
Muestra16 tomo 6 (1 a 10) Pieza 44			

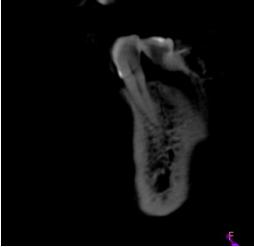
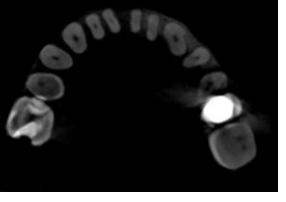
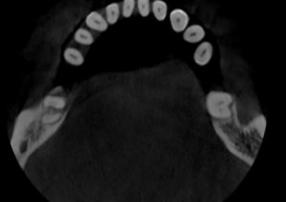
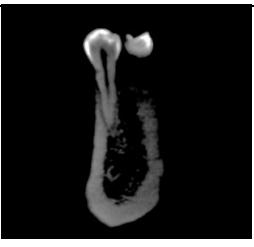
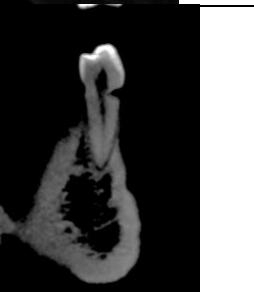
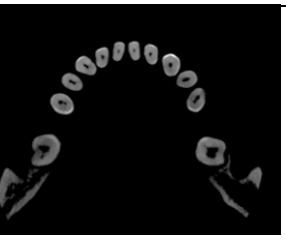
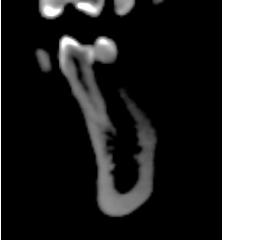
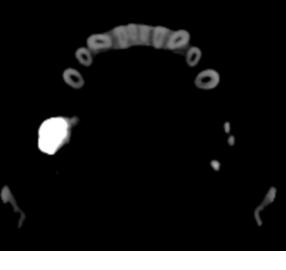
Muestra17 tomo 36 Pieza 34			
Muestra17 tomo 36 Pieza 44			
Muestra18 tomo 37 Pieza 34			
Muestra18 tomo 37 Pieza 44			

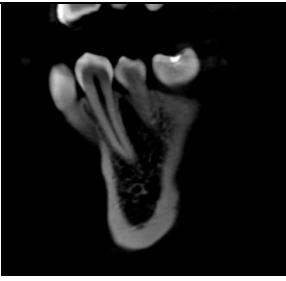
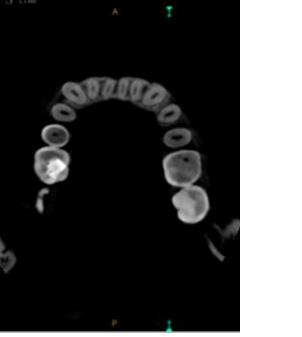
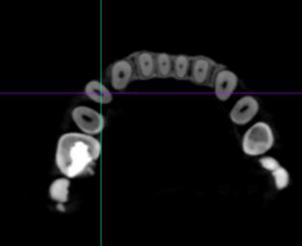
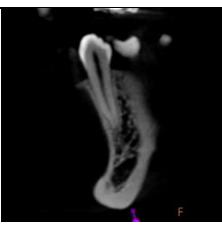
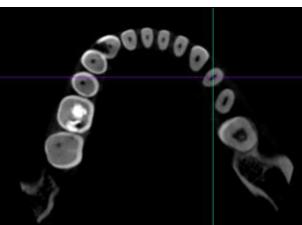
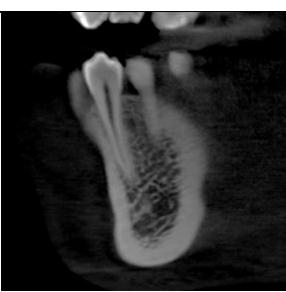
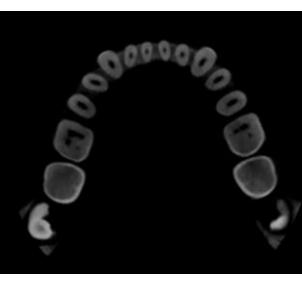
Muestra19 Pieza 34			
Muestra19 Pieza 44			
Muestra20 Pieza 34			
Muestra20 Pieza 44			

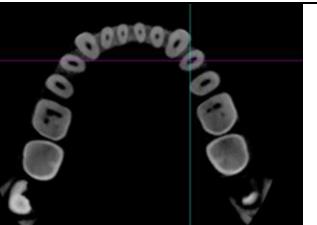
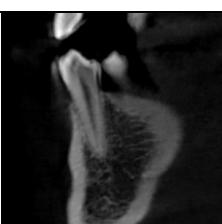
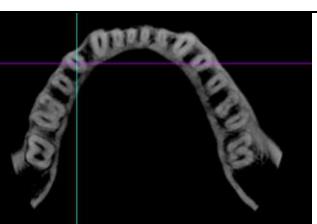
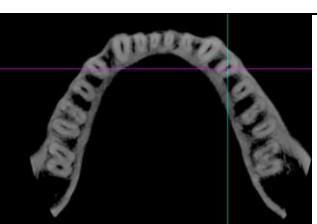
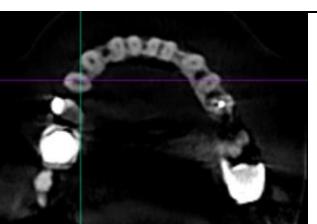
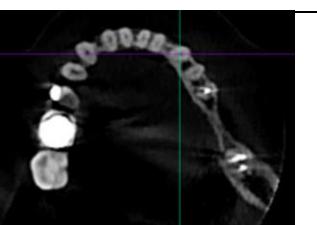
Muestra21 Pieza 34			
Muestra21 Pieza 44			
Muestra22 Pieza 34			
Muestra22 Pieza 44			
Muestra23 Pieza 34			

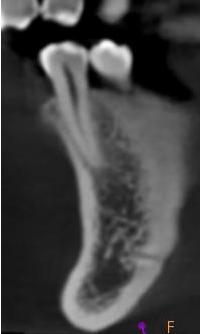
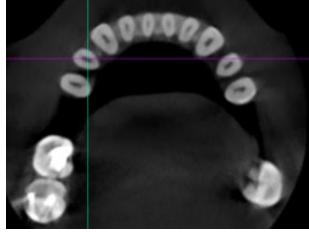
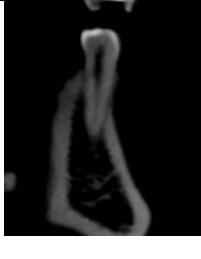
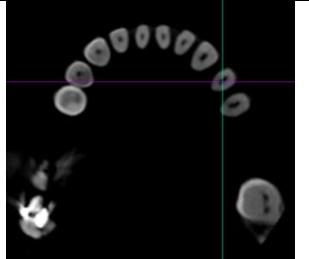
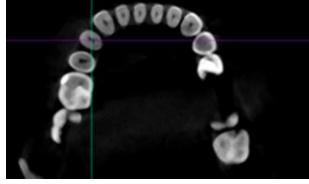
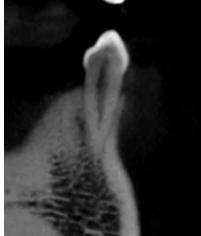
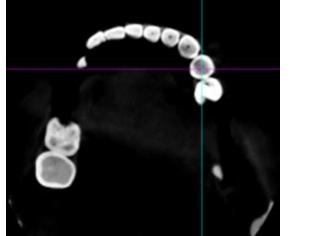
Muestra23 Pieza 44			
Muestra24 Pieza 34			
Muestra24 Pieza 44			
Muestra25 Tomo56 Pieza 34			
Muestra25 Pieza 44			

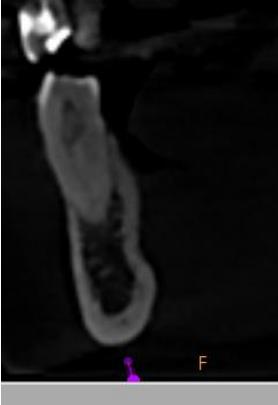
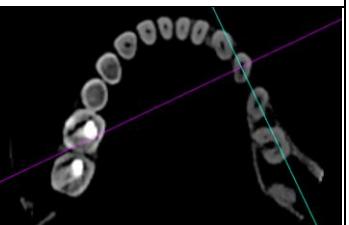
Muestra26 Pieza 34			
Muestra26 Pieza 44			
Muestra27 Pieza 34			
Muestra27 Pieza 44			
Muestra28 Pieza 34			

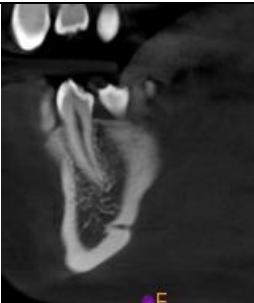
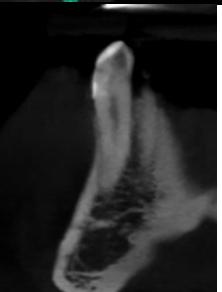
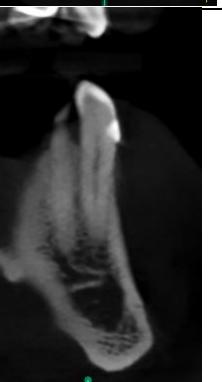
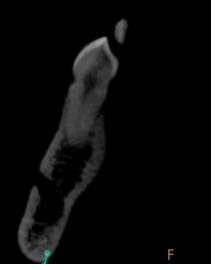
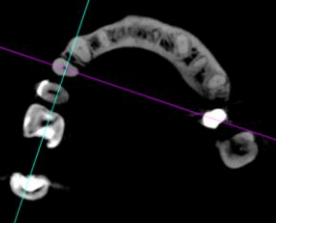
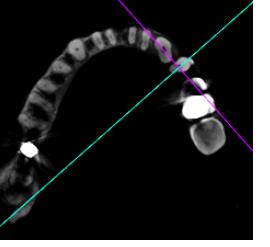
Muestra28 Pieza 44					
Muestra29 Pieza 34					
Muestra29 Pieza 44					
Muestra30 Pieza 34					
Muestra30 Pieza 44					

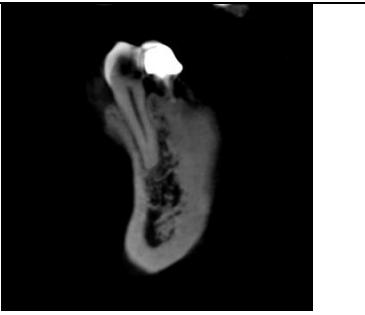
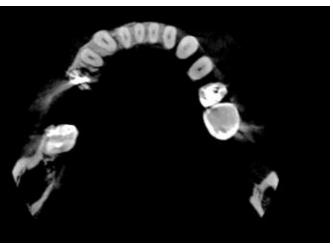
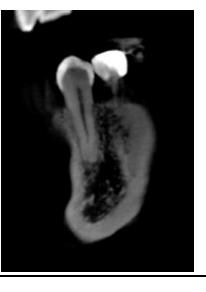
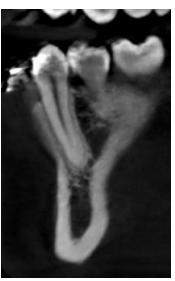
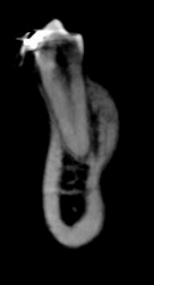
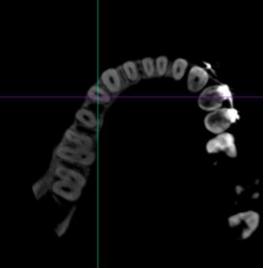
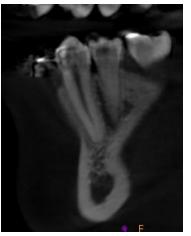
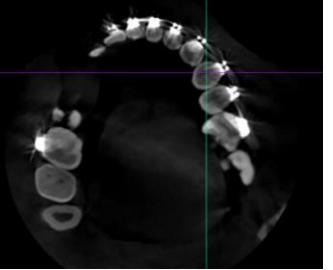
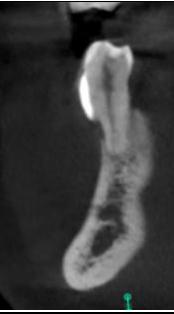
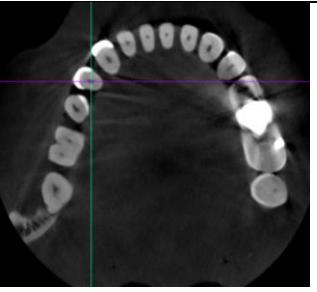
Muestra31 Pieza 34			
Muestra31 Pieza 44			
Muestra32 Tomo88 Pieza 34			
Muestra32 Tomo88 Pieza 44			
Muestra33 Tomo94 Pieza 34			

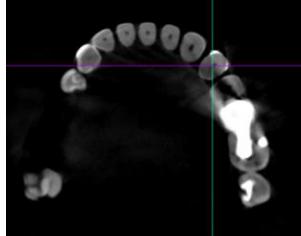
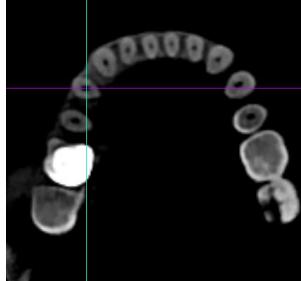
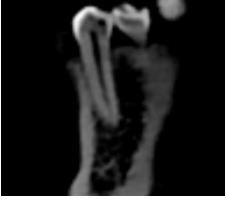
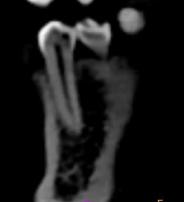
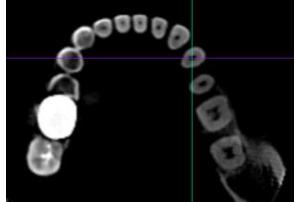
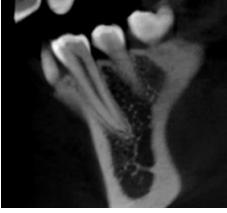
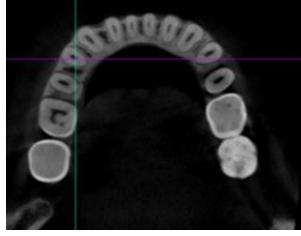
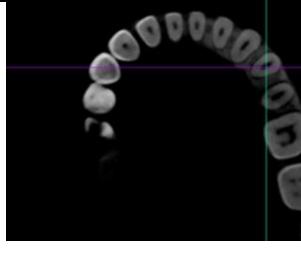
Muestra33 Pieza 44						
Muestra34 Pieza 34						
Muestra34 Pieza 44						
Muestra35 Pieza 34						
Muestra35 Pieza 44						

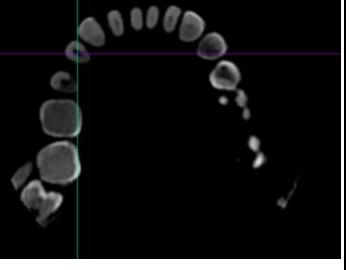
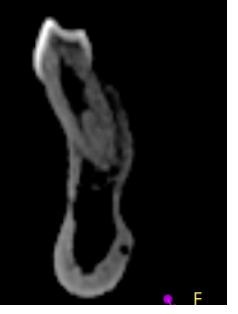
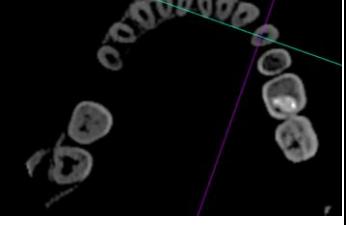
Muestra36 Pieza 34			
Muestra36 Pieza 44			
Muestra37 Pieza 34			
Muestra37 Tomo100 Pieza 44			

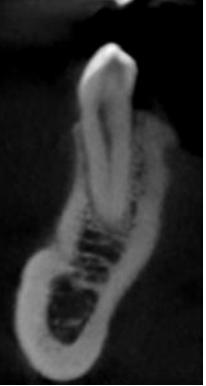
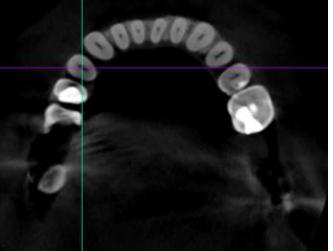
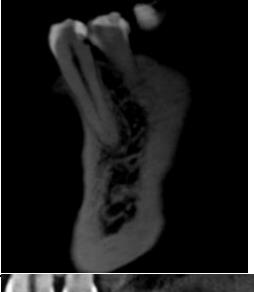
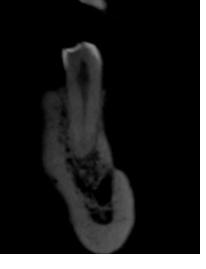
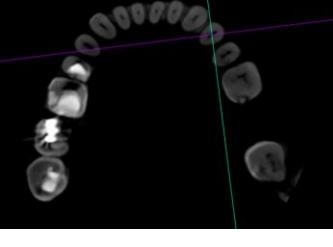
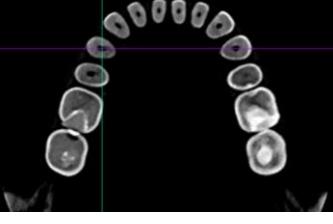
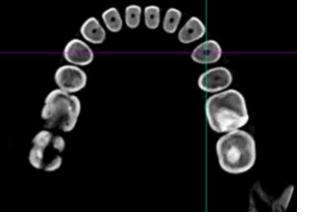
Muestra38 Tomo103 Pieza 34			
Muestra38 Tomo103 Pieza 44			
Muestra39 Tomo104 Pieza 34			

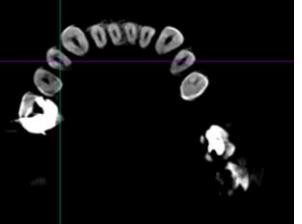
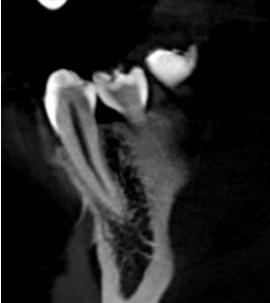
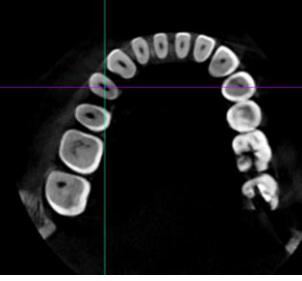
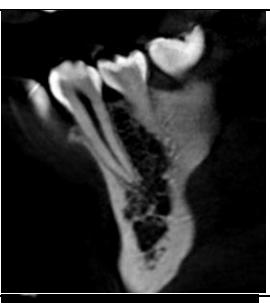
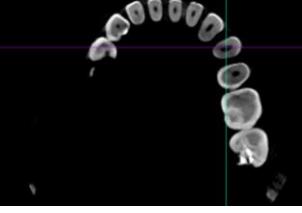
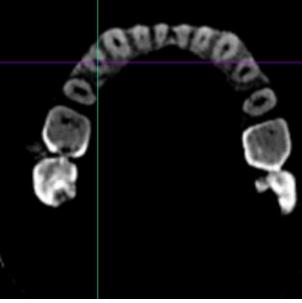
Muestra39 Tomo104 Pieza 44					
Muestra40 Tomo106 Pieza 34					
Muestra40 Pieza 44					
Muestra41 Pieza 34					
Muestra41 Pieza 44					

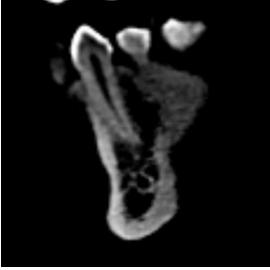
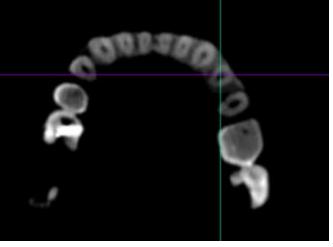
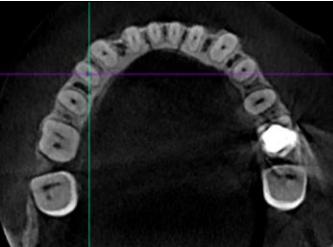
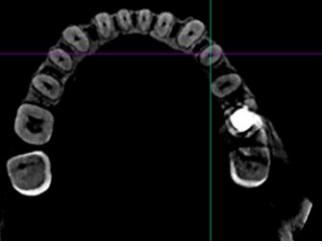
Muestra42 Pieza 34			
Muestra42 Pieza 44			
Muestra43 Pieza 34			
Muestra43 Pieza 44			
Muestra44 Tomo2 Pieza 34			

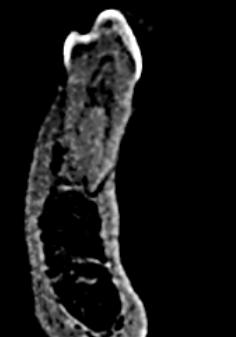
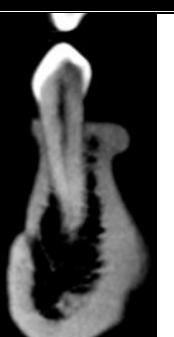
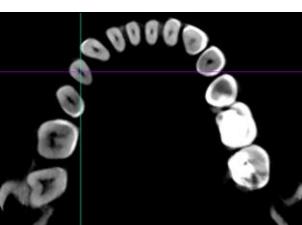
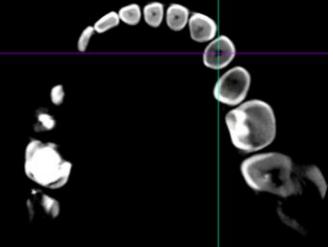
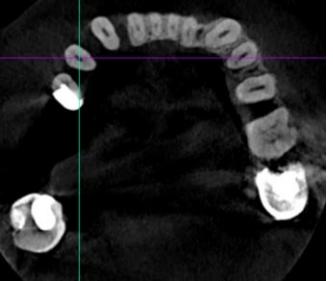
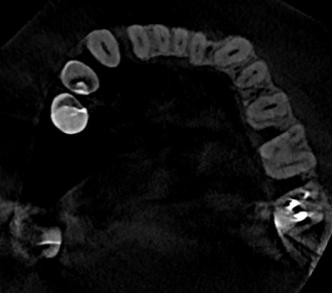
Muestra44 Pieza 44			
Muestra45 Pieza 34			
Muestra45 Pieza 44			
Muestra46 Pieza 34			
Muestra46 Pieza 44			

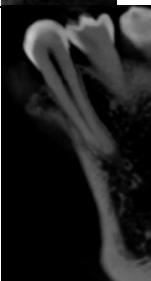
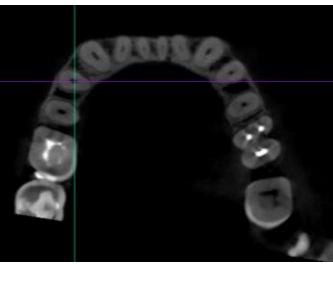
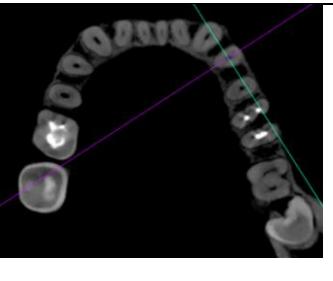
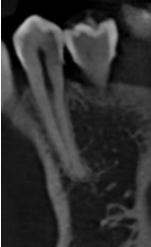
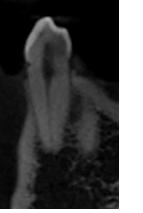
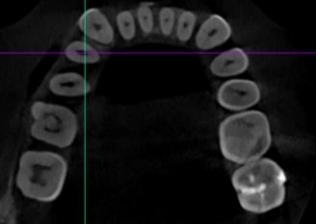
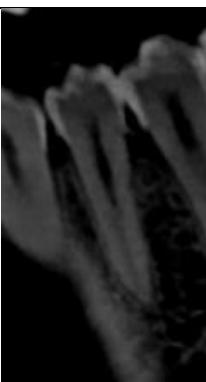
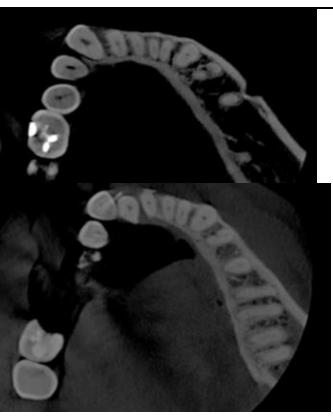
Muestra47 Pieza 34			
Muestra47 Pieza 44			
Muestra48 Pieza 34			
Muestra48 Pieza 44			

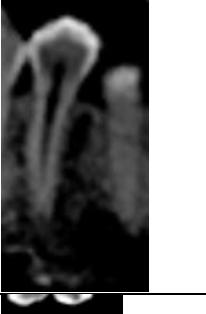
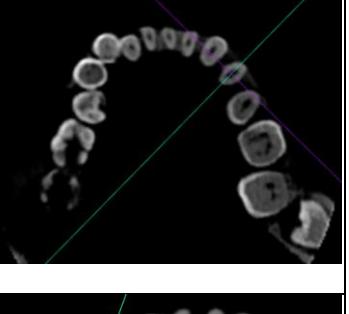
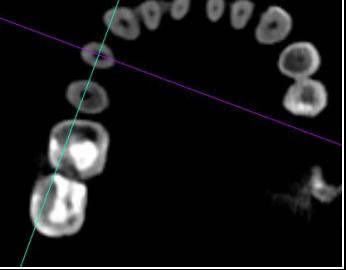
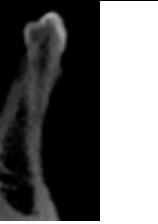
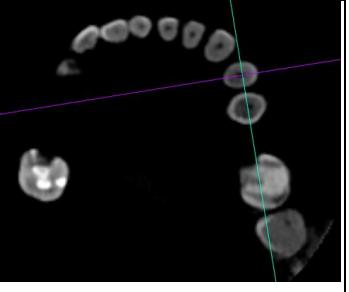
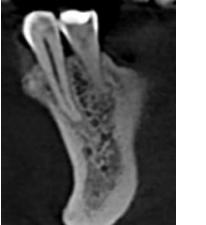
Muestra49 Pieza 34			
Muestra49 Pieza 44			
Muestra50 Tomo10 Pieza 34			
Muestra50 Pieza 44			

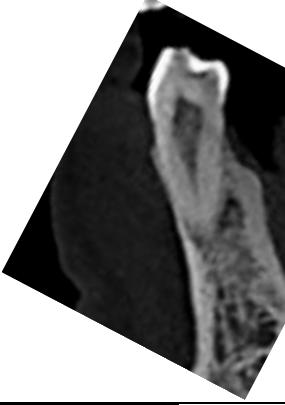
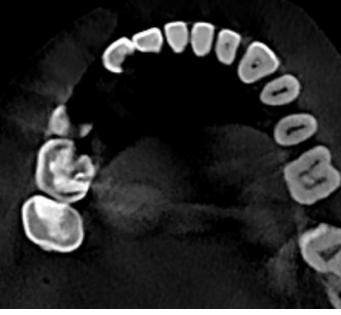
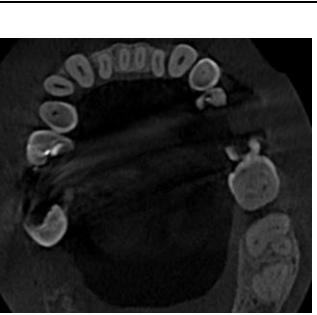
Muestra51 Pieza 34			
Muestra51 Pieza 44			
Muestra52 Tomo13 Pieza 34			
Muestra52 Pieza 44			
Muestra53 Pieza 34			

Muestra53 Pieza 44					
Muestra54 Pieza 34					
Muestra54 Pieza 44					
Muestra55 Pieza 34					

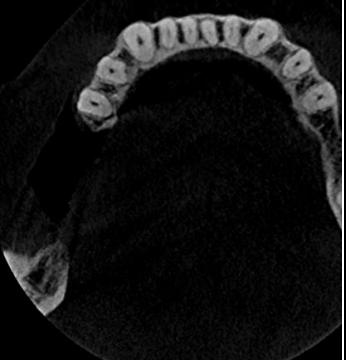
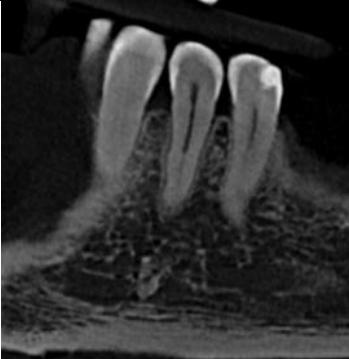
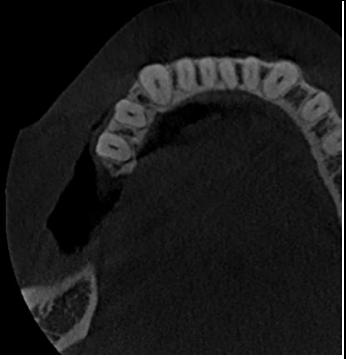
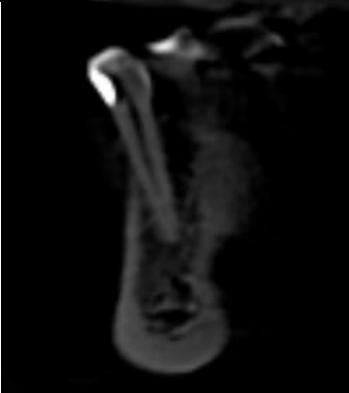
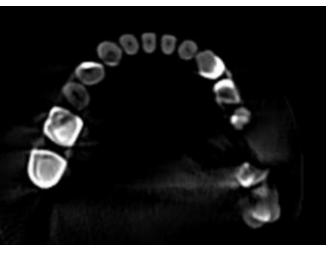
Muestra55 Pieza 44			
Muestra56 Pieza 34			
Muestra56 Pieza 44			
Muestra57 Pieza 34			
Muestra57 Pieza 44			

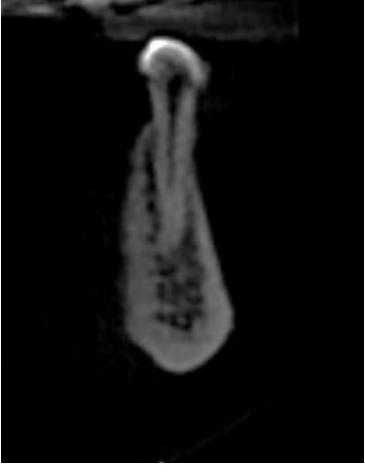
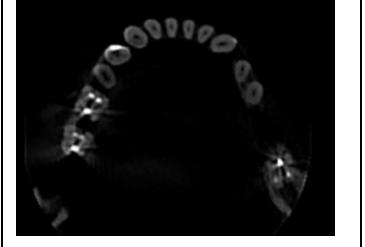
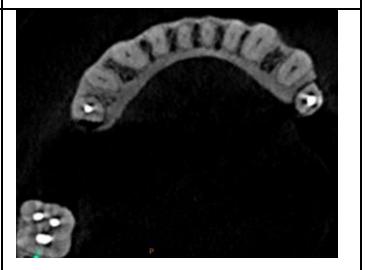
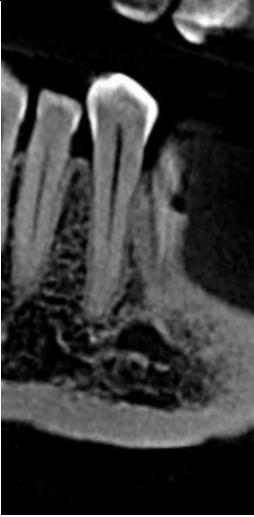
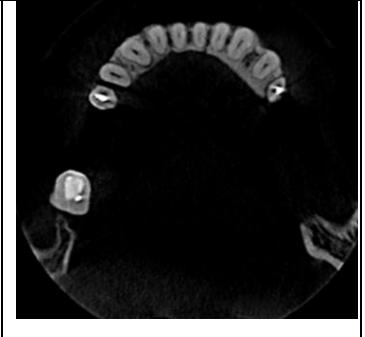
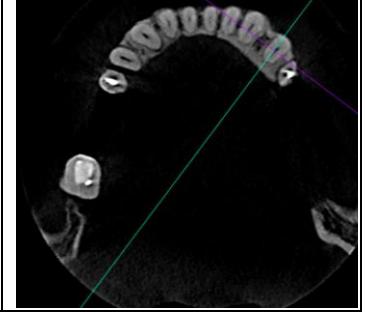
				
Muestra58 Pieza 34				
Muestra58 Pieza 44				
Muestra59 Pieza 34				
Muestra59 Pieza 44				

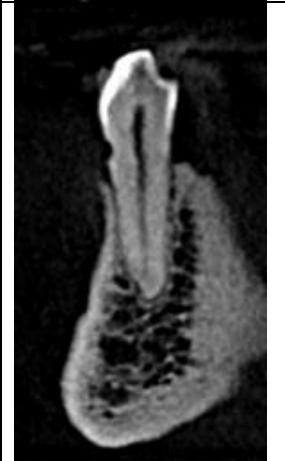
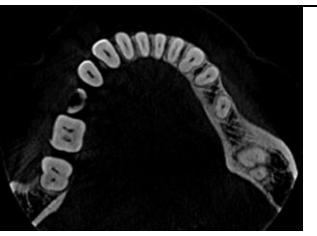
Muestra60 Pieza 34			
Muestra60 Pieza 44			
Muestra61 Pieza 34			
Muestra61 Pieza 44			
Muestra62 Pieza 34			

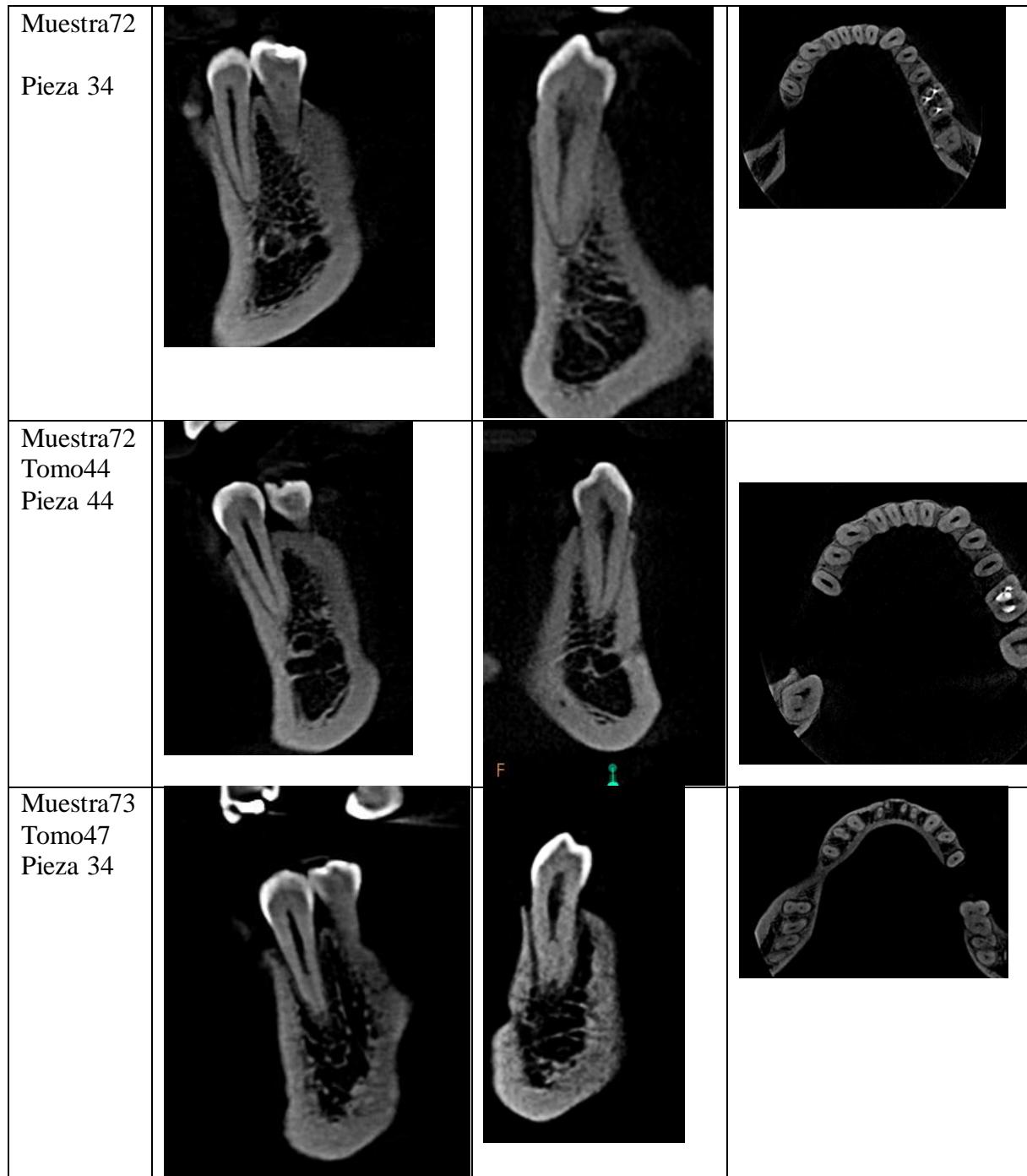
Muestra62 Pieza 44			
Muestra63 Pieza 34			
Muestra63 Tomo33 Pieza 44			
Muestra64 Tomo34 Pieza 34			

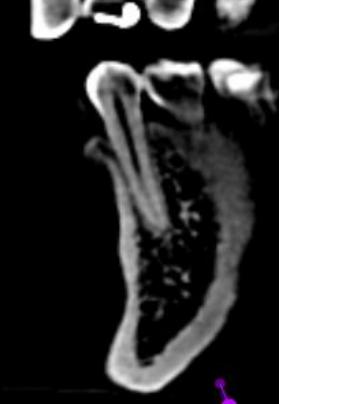
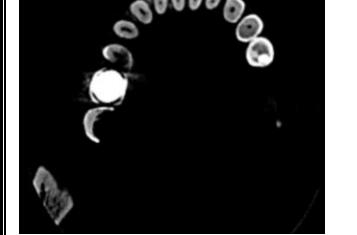
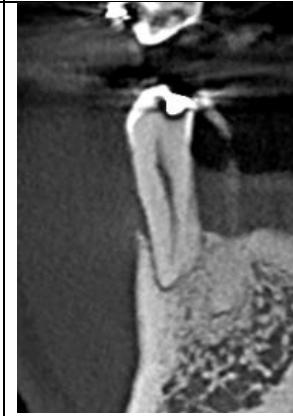
Muestra64 Tomo34 Pieza 44	A grayscale lateral radiograph showing several teeth in a row, with a prominent central tooth.	An axial cross-section of the teeth, showing the internal root structures.	A 3D cone beam reconstruction of the dental arch, showing the full set of teeth.
Muestra65 Tomo36 Pieza 34	A grayscale lateral radiograph showing several teeth in a row, with a prominent central tooth.	An axial cross-section of the teeth, showing the internal root structures.	A 3D cone beam reconstruction of the dental arch, showing the full set of teeth.
Muestra65 Tomo36 Pieza 44	A grayscale lateral radiograph showing several teeth in a row, with a prominent central tooth.	An axial cross-section of the teeth, showing the internal root structures.	A 3D cone beam reconstruction of the dental arch, showing the full set of teeth.
Muestra66 Tomo37 Pieza 34	A grayscale lateral radiograph showing several teeth in a row, with a prominent central tooth.	An axial cross-section of the teeth, showing the internal root structures.	A 3D cone beam reconstruction of the dental arch, showing the full set of teeth.

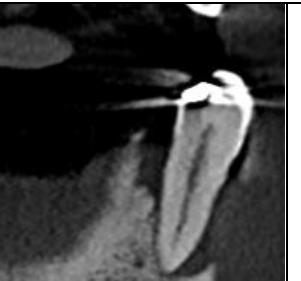
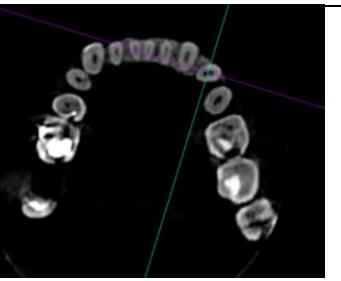
Muestra66 Tomo37 Pieza 44			
Muestra67 Tomo38 Pieza 34			
Muestra67 Pieza 44			
Muestra68 Pieza 34			

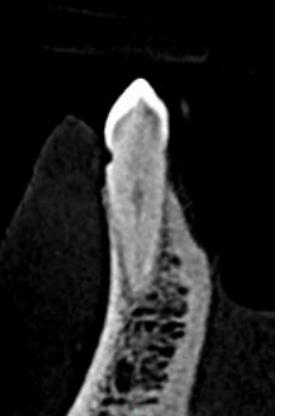
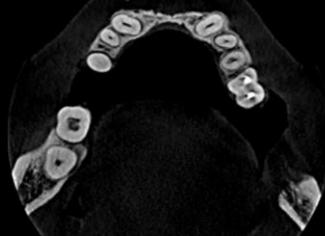
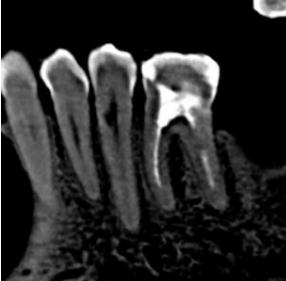
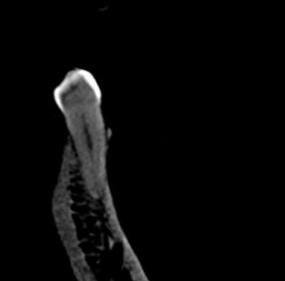
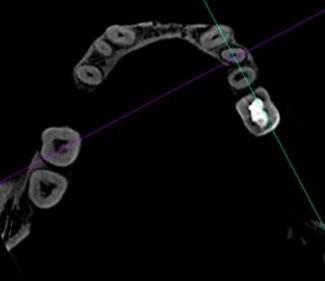
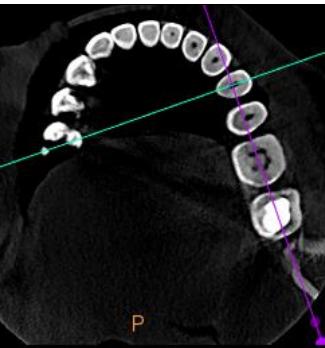
Muestra68 Tomo39 Pieza 44			
Muestra69 Pieza 34			
Muestra69 Pieza 44			 

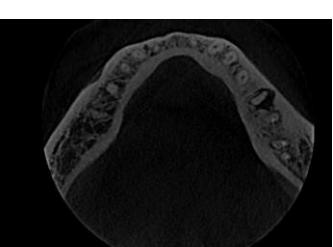
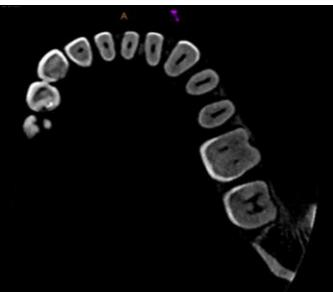
Muestra70 Pieza 34			
Muestra70 Tomo42 Pieza 44			
Muestra71 Tomo43 Pieza 34			
Muestra71 Pieza 44			

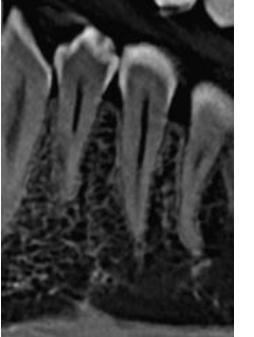
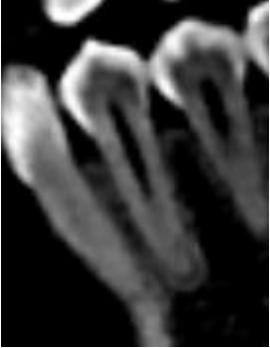
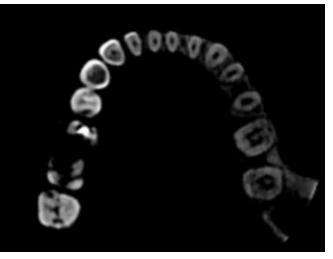


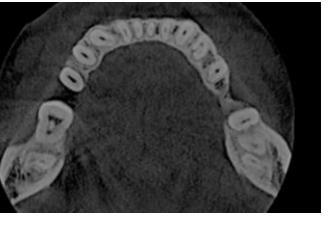
Muestra73 Tomo47 Pieza 44			
Muestra74 Tomo48 Pieza 34			
Muestra74 Tomo48 Pieza 44			
Muestra75 Tomo49 Pieza 34			

Muestra75 Tomo49 Pieza 44			
Muestra76 Tomo50 Pieza 34			
Muestra76 Tomo50 Pieza 44			

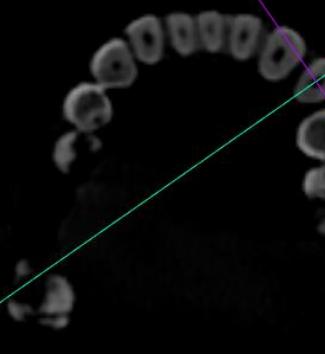
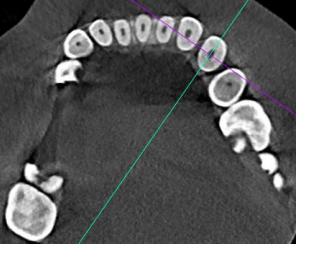
Muestra77 Tomo51 Pieza 34			
Muestra77 Pieza 44			
Muestra78 Pieza 34			
Muestra78 Pieza 44			

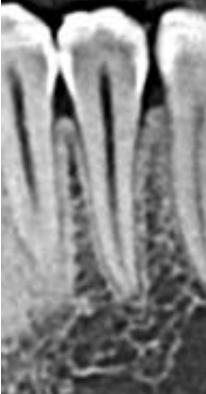
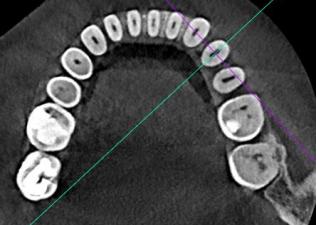
Muestra79 Pieza 34			
Muestra79 Tomo53 Pieza 44			
Muestra80 Pieza 34			
Muestra80 Pieza 44			

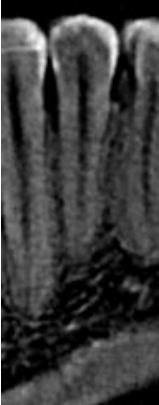
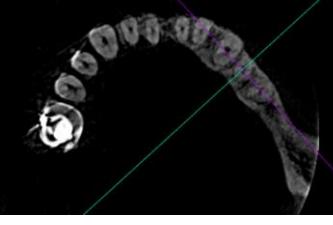
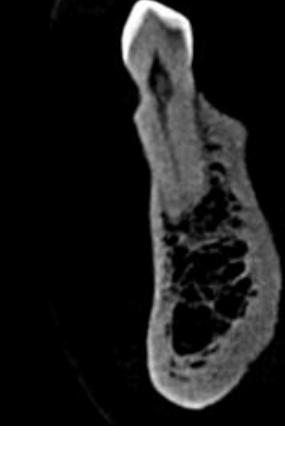
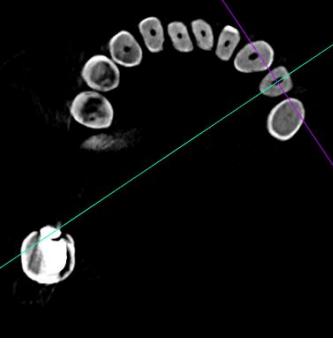
Muestra81 Pieza 34			
Muestra81 Pieza 44			
Muestra82 Pieza 34			
Muestra83 Pieza 44			

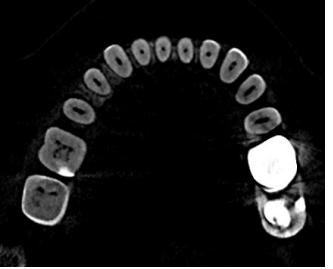
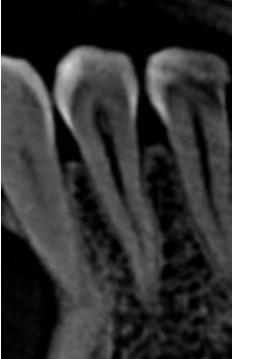
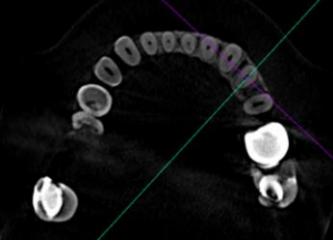
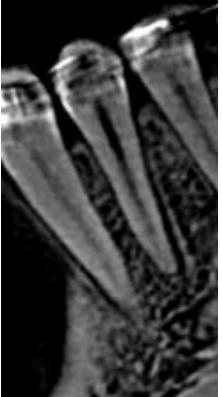
Muestra83 Pieza 34			
Muestra83 Pieza 44			
Muestra84 Tomo60 Pieza 34			

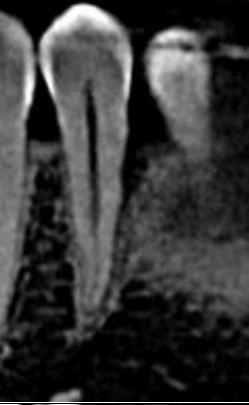
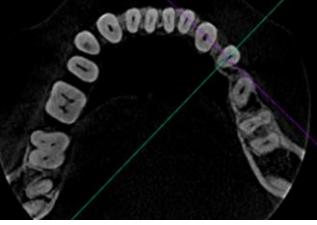
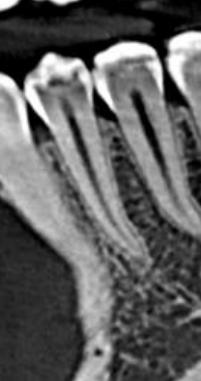
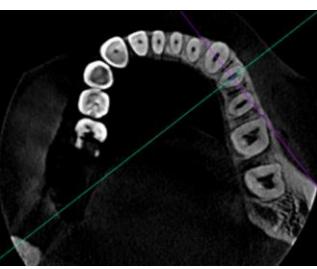
Muestra84 Tomo60 Pieza 44			
Muestra85 Tomo62 Pieza 34			
Muestra85 Tomo62 Pieza 44			
Muestra86 Tomo63 Pieza 34			

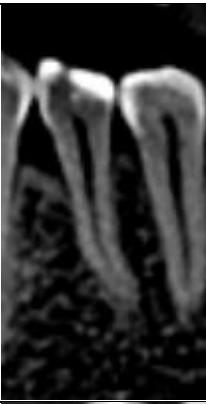
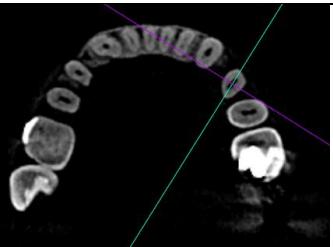
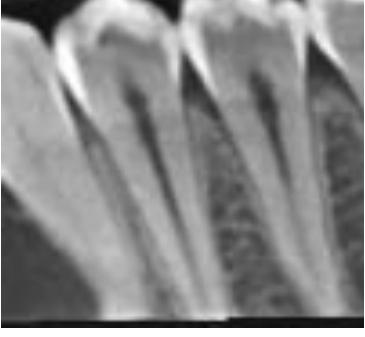
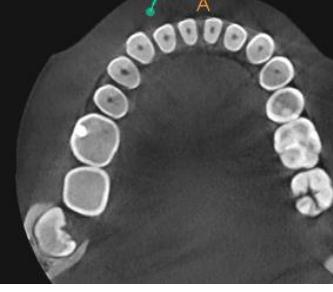
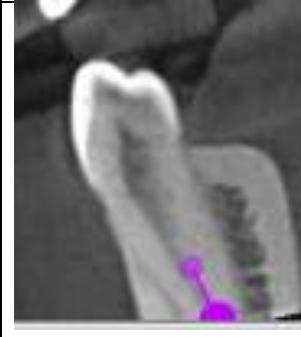
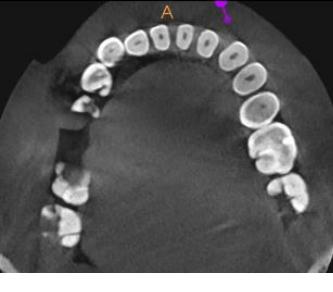
Muestra86 Tomo63 Pieza 44				
Muestra87 Tomo64 Pieza 34				
Muestra87 Tomo64 Pieza 44				

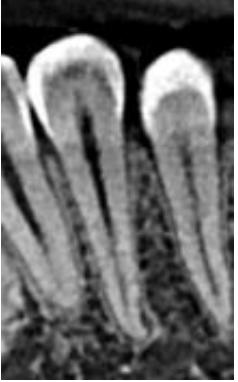
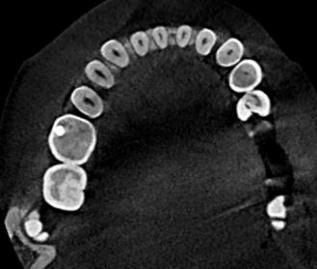
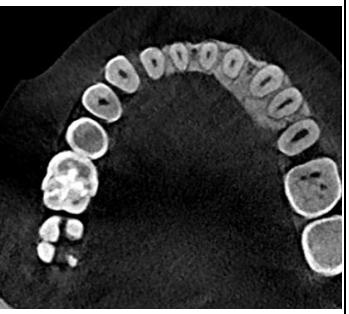
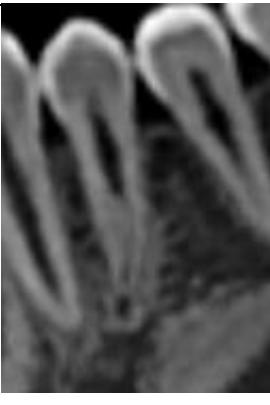
Muestra88 Pieza 34			
Muestra88 Pieza 44			
Muestra89 Pieza 34			

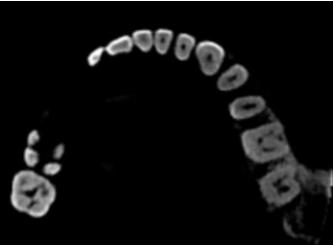
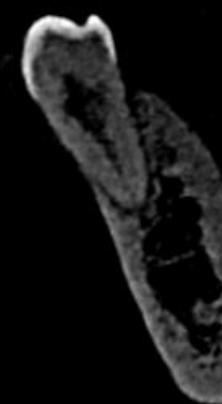
Muestra89 Pieza 44			
Muestra90 Tomo67 Pieza 34			
Muestra90 Tomo67 Pieza 44			

Muestra91 Pieza 34			
Muestra91 Pieza 44			
Muestra92 Pieza 34			
Muestra92 Tomo69 Pieza 44			

Muestra93 Pieza 34			
Muestra93 Pieza 44			
Muestra94 Pieza 34			
Muestra94 Pieza 44			

Muestra95 Pieza 34			
Muestra95 Pieza 44			
Muestra96 Pieza 34			
Muestra96 Pieza 44			

Muestra97 Pieza 34			
Muestra97 Pieza 44			
Muestra98 Pieza 34			
Muestra98 Pieza 44			

Muestra99 Pieza 34			
Muestra99 Pieza 44			
Muestra10 0 Pieza 34			
Muestra10 0 Pieza 44			

Anexo B: DOCUMENTO DE ACEPTACIÓN DEL CEISH-USFQ



Oficio N. 093-2024-CA24023TPG-CEISH-USFQ
Quito, 01 de mayo de 2024

Od. Paula Ramírez
Investigadora Principal
Universidad San Francisco de Quito
Presente. -

Asunto: Aprobación de Investigación
Referencia: Investigación 2024-023TPG

De nuestra consideración:

El Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad San Francisco de Quito "CEISH-USFQ", notifica a usted que, evaluó los aspectos éticos, metodológicos y jurídicos de la Investigación "Anatomía interna de primeros premolares mandibulares en relación con la configuración de Vertucci: Un análisis mediante CBCT en Quito (2021-2024)" con código 2024-023TPG, acordando su Aprobación.

Título de la Investigación	"Anatomía interna de primeros premolares mandibulares en relación con la configuración de Vertucci: Un análisis mediante CBCT en Quito (2021-2024)"		
Tipo de Investigación	Investigación con recopilación de información privada anonimizada, almacenada en establecimientos de salud		
Campo de Investigación	Ciencias de la Salud		
Equipo de Investigación	#	Rol	Nombre
	1	Investigador principal	Paula Carolina Ramírez Gonzabay
Duración de la investigación	2	Director de Tesis	Maria Fernanda Mora Coloma
	1 AÑO		

Como respaldo de la aprobación, reposan en los archivos del CEISH-USFQ la documentación presentada por la investigadora principal y la empleada por el Comité para la evaluación de la investigación.

En tal virtud, se adjunta a la presente la siguiente documentación con certificación del CEISH-USFQ:

Documentos aprobados	Idioma Versión	Fecha	# Págs.
1 Formulario para la presentación de Investigaciones observacionales y/o de intervención en seres humanos	E02	24/04/2024	10
2 Tabla de instrumento	E01	24/03/2024	04

La vigencia de aprobación de la investigación es de 12 meses, desde el 01 de mayo de 2024, hasta el 30 de abril de 2025, tomando en consideración el período de duración descrito en el protocolo de investigación aprobado.

Recordamos que usted deberá:



- Conducir la investigación de conformidad a lo estipulado en el protocolo de investigación aprobado por el CEISH-USFQ.
- Solicitar al CEISH-USFQ la evaluación y aprobación de enmiendas a la investigación y/o documentación relacionada, previo a su implementación, si la enmienda corresponde a una extensión del período de duración de la investigación, se debe realizar la solicitud con al menos 60 días de anticipación.
- Presentar informe de inicio y final de la investigación máximo 30 días después de cada situación. (fecha de inicio y fecha de finalización).
- Emitir al CEISH-USFQ publicación científica oficial de la investigación.
- Cumplir con las demás obligaciones contraídas con el CEISH-USFQ en la "Declaración de Responsabilidad del investigador principal".

La documentación presentada ante el CEISH-USFQ es de responsabilidad exclusiva de la investigadora principal, quien asume su veracidad, originalidad y autoría.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

PATRICIA
BORJA CARRERA
Sorja MD. Ph.D.
Presidente CEISH-USFQ
ceishusfq@usfq.edu.ec

XIMENA PATRICIA
GARZÓN VILLALBA
Ximena Garzón Villalba MD. Ph.D.
Secretaria CEISH-USFQ



BIBLIOGRAFIA:

- Avendaño Calderón, K., Niño-Barrera, J., & Gamboa Martínez, LF (2013). Tratamiento de endodoncia en un primer premolar inferior con tres conductos. UstaSalud: Revista de la División de Ciencias de la Salud, 12 (2), 134-137.
- Buchanan, G. D., Gamieldien, M. Y., Fabris-Rotelli, I., van Schoor, A., & Uys, A. (2022). A study of mandibular premolar root and canal morphology in a Black South African population using cone-beam computed tomography and two classification systems. Journal of oral science, 64(4), 300–306.
- Celikten, B., Orhan, K., Aksoy, U., Tufenkci, P., Kalender, A., Basmaci, F., & Dabaj, P. (2016). Cone-beam CT evaluation of root canal morphology of maxillary and mandibular premolars in a Turkish Cypriot population. BDJ open, 2, 15006.
- Choi, Y. J., Lee, C., Jeon, K. J., Jang, J. T., & Han, S. S. (2022). Canal configuration and root morphology of mandibular premolars using cone-beam computed tomography in a Korean population. Clinical oral investigations, 26(3), 3325–3332.

- Dou, L., Li, D., Xu, T., Tang, Y., & Yang, D. (2017). Root anatomy and canal morphology of mandibular first premolars in a Chinese population. *Scientific reports*, 7(1), 750.
- Falla Coronel, M., & Ibáñez Sevilla, CT (2016). Anatomía de la primera premolar mandibular observada mediante tomografía Cone Beam. Estudio in vitro. *Revista Salud & Vida Sipanense*, 3 (2), 43-49.3
- Karobari, M. I., Assiry, A. A., Lin, G. S. S., Almubarak, H., Alqahtani, S. A., Tasleem, R., Mustafa, M., Luke, A. M., Shetty, K. P., Noorani, T. Y., & Scardina, G. A. (2023). Roots and Root Canals Characterization of Permanent Mandibular Premolars Analyzed Using the Cone Beam and Micro Computed Tomography-A Systematic Review and Metanalysis. *Journal of clinical medicine*, 12(6), 2183.
- Karobari, M. I., Batul, R., Khan, M., Patil, S. R., Basheer, S. N., Rezallah, N. N. F., Luke, A. M., & Noorani, T. Y. (2024). Micro computed tomography (Micro-CT) characterization of root and root canal morphology of mandibular first premolars: a systematic review and meta-analysis. *BMC oral health*, 24(1), 1.
- Riojas Garza, MT (2014). Anatomía dental (3^a ed.). El Manual Moderno.
- Sajed, M., Alvandifar, S., & Mallahi, M. (2024). Evaluation of Root Canal Morphology of Mandibular Premolars Using Cone-beam Computed Tomography in Golestan Province, North of Iran. *Iranian endodontic journal*, 19(3), 183–188.
- Thanaruengrong, P., Kulvitit, S., Navachinda, M., & Charoenlarp, P. (2021). Prevalence of complex root canal morphology in the mandibular first and second premolars in Thai population: CBCT analysis. *BMC oral health*, 21(1), 449.
- Versiani, MA, Basrani, B. y Sousa-Neto, MD (2018). *ElAnatomía del conducto radicular en la dentición permanente . Springer.