

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

**VARIACIONES ANATÓMICAS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS
RADICULARES EN INCISIVOS INFERIORES PERMANENTES
MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ
CÓNICO (TCHC).**

Juan Esteban Jaimes Del Castillo, María Paula Rueda Manjarrés y
Valeria Andrea Velásquez Osma

Trabajo de grado para optar al título de odontólogos

Director:

Jaime Omar Moreno Monsalve

OD,Esp.,PhD en Odontología

Co-director:

Uriel Mesa

OD.Esp. en Radiología Oral y Maxilofacial

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
División Ciencias de la Salud
Facultad de Odontología
2018

Tabla de contenido

Abstract	7
Introducción	8
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Justificación	11
2. Marco Teórico	11
2.1 Técnicas para el estudio de la morfología del sistema radicular	11
2.2 Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC).....	13
2.3 Origen de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC).	14
2.4 Usos de la TCHC en el área de la Endodoncia.....	15
2.5 Ventajas que ofrece el uso de la TCHC frente a las técnicas radiográficas convencionales en el diagnóstico por imagen en el área de la Endodoncia	16
2.6 Desventajas de la TCHC	16
2.7 Importancia del estudio de la anatomía del sistema de conductos radiculares de los incisivos inferiores (centrales y laterales) permanentes	17
2.8 Clasificación de la anatomía del sistema de conductos radiculares según Vertucci.	17
3. Objetivos	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4. Método	20
4.1 Tipo de estudio.	20
4.2 Selección y descripción de participantes	20
4.2.1 Población y muestra.....	20
4.2.2 Tipo de muestreo.	21
4.2.3 Criterios de selección (inclusión y exclusión).	21
4.3 Variables.....	21
4.4 Instrumento para la recolección de la información	22
4.5 Procedimiento.....	22
4.6 Prueba piloto.....	23
4.7 Plan de análisis estadístico	24
4.7.1 Análisis Univariado.	24
4.7.2 Análisis Bivariado.	24
4.8 Consideraciones éticas.....	25
5. Resultados	25
6. Discusión.....	26
7. Conclusiones	31
8. Recomendaciones.....	31
Referencias	33
Apéndices	37
Apéndice A.....	37
Apéndice B	38
Apéndice C	39
Apéndice D.....	41
Apéndice E	45
Apéndice F	48
Apéndice G.....	52
Apéndice H.....	56
Apéndice I	60
Apéndice J	64

Apéndice K..... 68

Apéndice L 72

Apéndice M 76

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Plan de análisis bivariado</i>	24
Tabla 2 <i>Número de conductos según tipo de diente</i>	25
Tabla 3 <i>Clasificación de Vertucci según tipo de diente</i>	26
Tabla 4 <i>Resumen de autores, método empleado y la prevalencia de dos conductos en los incisivos inferiores estudiados.</i>	29

Lista de Figuras

<i>Figura 1</i> Diferencias en el tipo de escaneado: haz plano (TC) y haz de tipo cónico (TCHC).	14
<i>Figura 2</i> Fotografía de Sir Godfrey Newbold Hounsfield tomada en 1970	15
<i>Figura 3</i> Clasificación de la anatomía del sistema de conductos radiculares según Vertucci.	18
<i>Figura 4</i> Esquema que representa los diferentes tipos de morfología interna radicular según Vertucci.	20

Resumen

Introducción: Una de las principales razones que llevan al fracaso en el tratamiento endodóntico de los incisivos inferiores permanentes, y en general en cualquier diente, es el escaso conocimiento que se tiene a cerca de la anatomía de los conductos radiculares y las posibles variaciones que se pueden presentar y que difieren de lo que se concibe como la norma, que en el caso de los incisivos inferiores permanentes se han considerado como dientes unirradiculares y con un solo conducto desde la cámara pulpar hasta el foramen apical. El odontólogo falla a la hora de identificar y localizar adecuadamente todos los conductos radiculares que están presentes en el diente que va a tratar. Por lo tanto, un minucioso estudio es prerequisite indispensable antes de iniciar el tratamiento endodóntico. **Objetivo:** Determinar cuál es la clasificación de Vertucci más prevalente y las posibles variaciones en la anatomía del sistema de conductos radiculares de los incisivos inferiores permanentes en una subpoblación colombiana, utilizando Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC). **Materiales y métodos:** Para el estudio se incluyeron todos los dientes incisivos inferiores permanentes almacenados en el banco de dientes humanos permanentes de la Universidad Santo Tomás sede Floridablanca, que tuvieran su raíz anatómicamente completa. Se excluyeron aquellos que presentaron tratamiento endodóntico previamente realizado, obteniendo finalmente una población integrada por 198 dientes incisivos inferiores permanentes, los cuales se estudiaron mediante un tomógrafo i- CAT 17-19 (Imaging Science International, Hatfield, PA), con un campo de visión de 8 cm de diámetro; Voxel Size 0,125 mm y se empleó el software iCAT Vision versión 1.8.1.10 para la digitalización de las imágenes. La anatomía de los conductos radiculares se categorizó de acuerdo a la clasificación de Vertucci. Un endodoncista y un especialista en radiología oral y maxilofacial evaluaron las imágenes, y los hallazgos se registraron con respecto al tipo de incisivo (central o lateral), número de conductos encontrados y Clasificación de Vertucci y se describieron las variaciones encontradas con respecto a dicha Clasificación considerada como el Gold Standard. **Resultados:** El 100% de los dientes estudiados presentaron una sola raíz. De acuerdo a la clasificación de Vertucci, las configuraciones Tipo I y Tipo III fueron las más prevalentes, tanto en los incisivos centrales como en los laterales. Se describió una variación de la clasificación de Vertucci, la cual se presentó en 7 de los 198 incisivos estudiados tomográficamente. **Conclusión:** La mayoría de los dientes evaluados presentaron un solo conducto radicular y la variación tipo III de Vertucci fue la más prevalente. Los incisivos laterales presentaron mayor incidencia de un segundo conducto, en comparación con los centrales. Existen variaciones que difieren de las establecidas por Vertucci en 1984. Clínicamente, la TCHC es una buena opción y puede ser aplicada para la medición de los conductos radiculares, identificación de los conductos radiculares y las variaciones anatómicas que estos pueden presentar. Con la TCHC la morfología radicular puede ser visualizada en tres dimensiones, así como el número de conductos radiculares y su recorrido. **Palabras clave:** TCHC, incisivos inferiores permanentes, conducto radicular.

Abstract

Introduction: One of the main reasons that leads to failure in the endodontic treatment of permanent lower incisors, and in general in any tooth, is the scarce knowledge about the anatomy of the root canals and the possible variations that can occur. and that differ from what is conceived as the norm, which in the case of the permanent lower incisors have been considered as uniradicular teeth and with a single conduit from the pulp chamber to the apical foramen. The dentist fails to identify and properly locate all the root canals that are present in

the tooth to be treated. Therefore, a thorough study is an essential prerequisite before starting the endodontic treatment. **Aim:** To determine the most prevalent Vertucci's classification and the possible variations in the anatomy of the root canal system of the permanent mandibular incisors in a Colombian subpopulation, using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). **Materials and methods:** For this study, were included all the permanent mandibular incisors teeth, stored in the Santo Tomás University Permanent Human Teeth Bank, which had their anatomically complete roots. Teeth which presented previously endodontic treatment were excluded, finally obtaining a population composed of 198 permanent mandibular incisors teeth, which were studied by means of an i-CAT tomograph 17-19 (Imaging Science International, Hatfield, PA), with a field of vision (FOD) 8 cm in diameter; Voxel Size 0.125 mm and the iCAT Vision software version 1.8.1.10 was used to digitize the images. Root canals anatomy was categorized according to Vertucci's classification. An endodontist and an oral and maxillofacial radiology specialist evaluated the images, and the findings were recorded with respect to type of incisor (central or lateral), number of root canals found and Vertucci's classification and variations found with respect to said classification were described, considered Vertucci's classification as the Gold Standard. **Results:** 100% of the teeth studied had only one root. According to the Vertucci classification, the Type I and Type III configurations were the most prevalent, both in the central incisors and in the lateral incisors. A variation of the Vertucci classification was described, which was presented in 7 of the 198 incisors studied tomographically. **Conclusion:** Most of the evaluated teeth presented a single root canal and the Vertucci type III variation was the most prevalent. The lateral incisors presented higher incidence of a second conduit, in comparison with the central ones. There are variations that differ from those established by Vertucci in 1984. Clinically, the TCHC is a good option and can be applied to the measurement of root canals, identification of root canals and the anatomical variations they can present. With the TCHC the root morphology can be visualized in three dimensions, as well as the number of root canals and their route. **Key words:** CBCT, permanent mandibular incisors, root canal.

Introducción

A partir de la creación de la Tomografía Computarizada (TC), se marcó un antes y un después en el diagnóstico por imagen. Gracias a los estudios de Allan Cormack en los años 1963 y 1964, Sir Godfrey Hounsfield se inspiró para desarrollar un prototipo y construir el primer equipo de TC para uso clínico, el cual permitiría examinar con más precisión y menor invasión el interior del cuerpo humano (1) mediante la obtención de imágenes tridimensionales gracias a la realización de múltiples cortes por el haz de rayos X (2).

En la primavera de 1972 fueron publicados los primeros resultados de las aplicaciones clínicas de la tomografía computarizada en el campo de la medicina (3), al examinar el cráneo y su contenido. Sin lugar a dudas, estos primeros hallazgos entusiasmaron a la comunidad científica y la tomografía computarizada médica tuvo una gran acogida entre ellos, al punto que en 1979 Sir Godfrey Hounsfield obtuvo el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, compartiéndolo con Allan Cormack (1).

En 1998 fue introducida la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC) por Mozzo, et al. Este nuevo tipo de tomografía computarizada fue el fruto de la búsqueda para obtener una reducción en la dosis de radiación a la que era expuesto el paciente y minimizar los costes

económicos derivados del uso de la TC médica tradicional, todo ello enfocado en el área de la odontología y la radiología maxilofacial (3).

Dado que el objetivo principal de un tratamiento de endodoncia es desinfectar, conformar y obturar adecuadamente todo el sistema de conductos radiculares, es fundamental conocer la anatomía de los diferentes sistemas de conductos. Sin embargo, en este proceso se pueden presentar dificultades porque no existe un patrón anatómico único en los dientes incisivos inferiores permanentes y las imágenes radiográficas convencionales de uso más extendido, como son las radiografías periapicales, proporcionan información limitada (4) al tratarse de una imagen bidimensional de un cuerpo tridimensional.

Dentro de los factores que se consideran muy importantes para garantizar el éxito en un tratamiento de endodoncia, se encuentra el conocimiento de la anatomía interna del sistema de conductos radiculares. Es fundamental identificar y conocer dicha anatomía, de manera previa a la realización de un tratamiento endodóntico, y más aún, conocer las posibles variaciones que pueden presentarse en cada tipo de diente, para asegurar que todo el sistema de conductos sea preparado, desinfectado y obturado satisfactoriamente (44).

El desarrollo de la TCHC y todos los avances tecnológicos alrededor de esta herramienta, ofrecen grandes beneficios en el área de la endodoncia, al permitir la obtención de imágenes tridimensionales de la realidad anatómica del paciente (2). Las imágenes obtenidas mediante el uso de la TCHC cuentan con una alta precisión, son imágenes de tamaño real, tienen buena definición, alta sensibilidad y especificidad. Todo esto permite que el endodoncista logre una mejor comprensión de la anatomía interna del diente y pueda llevar a cabo un tratamiento endodóntico exitoso (4).

El propósito de este estudio fue describir mediante TCHC el número de conductos radiculares de los dientes incisivos inferiores almacenados en el BDPH de la Universidad Santo Tomás de acuerdo a la clasificación establecida por el Dr. Frank J. Vertucci en el año 1984 (31).

1.1 Planteamiento del problema

Un conocimiento detallado sobre la anatomía del sistema de conductos radiculares es primordial para obtener éxito en el tratamiento endodóntico. Un fallo a la hora de establecer el número de conductos radiculares impedirá la completa limpieza de los principales conductos radiculares y eso significará el fracaso del tratamiento de endodoncia debido a la conocida etiología infecciosa de la periodontitis apical (5).

Generalmente se ha dado por supuesto que los dientes unirradiculares presentan un solo conducto. Sin embargo, unos tipos de diente en particular, como los incisivos y premolares inferiores, son reconocidos por exhibir un distinto rango de variaciones en la anatomía de su sistema de conductos radiculares (20).

En los incisivos inferiores, a menudo un puente de dentina se presenta a nivel de la cámara pulpar y divide la raíz en dos conductos. Estos dos conductos normalmente se unen y salen a través de un solo foramen apical, pero también pueden seguir como dos conductos separados. Con respecto a este último hallazgo, es preciso mencionar que la incidencia de encontrar dos conductos en los incisivos inferiores ha sido reportada tan baja como 0,3% y tan alta como 45,3% (20).

Por otra parte, Moreno y colaboradores realizaron un estudio en el cual se determinó la prevalencia de la periodontitis apical en 1086 dientes tratados endodónticamente entre los años 2003 y 2010 en las clínicas odontológicas de la Universidad Santo Tomás sede Floridablanca. Reportaron que la prevalencia de la enfermedad periodontal en dientes con tratamiento endodóntico previo fue del 49%. Dos tercios de los dientes evaluados presentaron tratamientos endodónticos catalogados como inadecuados, lo cual fue considerado por los autores como el principal factor responsable de tan alta prevalencia de periodontitis apical post-tratamiento endodóntico (25).

De acuerdo con Leoni y colaboradores, el objetivo final de la preparación quimiomecánica de los conductos radiculares es eliminar el barrillo dentinario para permitir que la solución empleada como irrigante alcance toda la longitud del conducto radicular, erradicando poblaciones bacterianas o reduciéndolas a niveles que permitan el restablecimiento del estado de salud del tejido perirradicular (20).

Los avances tecnológicos en el área de la radiología han llevado a incluir los estudios radiográficos como complemento casi indispensable a la hora de hacer el diagnóstico. Sin embargo, las imágenes proporcionadas por las radiografías convencionales nos brindan información limitada, ya que se trata de la representación bidimensional de estructuras tridimensionales (6).

El gran cambio ha sido el paso de imágenes bidimensionales a tridimensionales, lo cual ha permitido que tengamos a nuestra disposición mayor cantidad de información y de mejor calidad. Además de menor tiempo de exposición a la radiación si comparamos una tomografía convencional con una tomografía computarizada de haz cónico (TCHC). Todo ello con el objetivo de llegar a un mejor diagnóstico, cada vez más acertado, más preciso y con la mínima posibilidad de error (2).

Gracias a estas y otras herramientas diagnósticas se ha llegado a demostrar la gran variación y complejidad del sistema de conductos radiculares (6). Desde 1925, con los primeros trabajos de Hess y Zurcher, hasta la actualidad, se ha sabido que la raíz con un conducto cónico y un solo foramen apical es la excepción y no la norma. Todo ello debe afianzar la búsqueda de nuevos recursos y nuevos métodos que permitan tener un mayor conocimiento de la anatomía radicular y así poder evitar fracasos en los tratamientos de endodoncia (5).

Aún teniendo disponibles todas estas herramientas diagnósticas de tecnología avanzada, hay odontólogos que no hacen uso de ellas. Por tanto, no logran obtener toda la información contenida en la anatomía dental y maxilofacial del paciente y ello limita el conocimiento que pudieran adquirir de ese caso clínico y por ende, las posibilidades de diagnóstico y tratamiento que pudieran plantear (6).

Frente a esta situación, los avances tecnológicos han permitido contar con las tomografías computarizadas de haz cónico (TCHC), las cuales muestran un alto grado de precisión y facilitan, en gran medida, la identificación del sistema de conductos radiculares (4).

Por lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta la clasificación de los tipos de sistema de conductos radiculares según Vertucci (11), se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué variación del sistema de conductos radiculares, de las establecidas en la clasificación de Vertucci, es la más prevalente en el grupo de dientes estudiados?

1.2 Justificación

Un conocimiento preciso sobre la anatomía interna de los conductos radiculares es indispensable para garantizar altas posibilidades de éxito en el tratamiento endodóntico. Sin embargo, las variaciones en la anatomía de los conductos radiculares son comunes, lo cual debe captar, aún más, la atención del odontólogo (24).

La falta de conocimiento a cerca de dichas variaciones ha sido considerada como una de las principales razones que conducen al fracaso en el tratamiento endodóntico, ya que se consideran a los incisivos inferiores permanentes como dientes con una anatomía radicular interna simple y uniforme (un sola raíz con un único conducto) y se ignoran las posibles variaciones que se pueden presentar (24).

Varios estudios han reportado que la variación en la anatomía interna del sistema de conductos radiculares puede estar influenciada por la etnia y el género (17). Adicionalmente, las descripciones de las variaciones de la anatomía radicular, interna y externa, se han basado, en su mayoría, en estudios de poblaciones europeas, norteamericanas (42) y japonesas (24). Para países localizados en el hemisferio sur, la información disponible es limitada (25).

Este estudio se planteó, en primera medida, para darle al paciente un mejor diagnóstico de su condición endodóntica y diseñar un plan de tratamiento acorde a ese diagnóstico, el cual ofrezca las mínimas posibilidades de fracaso.

En el área de la endodoncia, este estudio pretendió evidenciar las variaciones anatómicas que se presentaron en el sistema de conductos radiculares de los dientes incisivos inferiores pertenecientes a la subpoblación colombiana evaluada.

Por otra parte, este estudio es de gran importancia para la Universidad, ya que permitirá que la comunidad educativa tenga a su disposición un estudio más detallado y preciso sobre la anatomía interna de los incisivos inferiores permanentes.

Durante la realización de este estudio se profundizó en el conocimiento de la anatomía del sistema de conductos radiculares en incisivos inferiores permanentes y se aplicó esta valiosa información en nuestra práctica profesional.

2. Marco Teórico

2.1 Técnicas para el estudio de la morfología del sistema radicular.

Se puede verificar en la literatura que hasta el año 1925, cuando se publicaron los trabajos de Hess, los estudios sobre la anatomía interna del sistema de conductos radiculares se basaban en métodos precarios y, en ocasiones, con materiales inadecuados (26).

A lo largo de los años, varias técnicas fueron desarrolladas e implementadas para el estudio del sistema de conductos radiculares. De hecho, algunos autores emplearon más de una técnica con el propósito de mejorar las investigaciones realizadas (26).

A continuación se describen las principales técnicas para el estudio de la morfología del sistema radicular.

Vulcanización. Uno de los primeros métodos para el estudio de la anatomía de los conductos radiculares fue la vulcanización, técnica empleada por Hess en 1925. El autor duplicó con vulcanita el sistema de conductos radiculares. Los moldes obtenidos eran estudiados y clasificados de acuerdo al objetivo propuesto. Sin embargo, estos no podían ser considerados como réplicas exactas del sistema de conductos radiculares, debido a que la vulcanita no lograba penetrar en todas las ramificaciones y, como consecuencia del proceso de secado y vulcanización propiamente dicha, se generaban grietas y defectos que eran llenados con la vulcanita (26).

Diafanización. Esta técnica fue empleada por el Dr. Frank J. Vertucci en el año 1984. En uno de sus artículos describió el protocolo que llevó a cabo. El método descrito consistió en almacenar los dientes recién extraídos en formalina y descalcificarlos en solución de ácido clorhídrico al 5%. Una vez concluido este proceso, los dientes eran lavados con agua corriente y sumergidos en una solución de hidróxido de potasio al 5% durante 24 horas. Pasado este tiempo, se lavaban los dientes con agua corriente por 2 horas y se les inyectaba colorante de hematoxilina para teñir el tejido pulpar. Finalmente, los dientes eran deshidratados en sucesivas soluciones, del 70%, 95% y 100%, de alcohol durante 5 horas. La observación de la anatomía interna del sistema de conductos radiculares se realizaba con microscopio (31).

Corte transversal. Esta técnica fue empleada por Mauger y colaboradores en el año 1998 en una investigación cuyo objetivo fue determinar la prevalencia y localización de un segundo conducto en los incisivos inferiores permanentes. Para ello, seccionaron las raíces de los 100 dientes que componían la población objeto de estudio. Estas secciones fueron realizadas con un biselado de 20° y a diferentes medidas: a 1, 2 y 3 mm del ápice radicular (32).

Técnica histológica. Este método fue utilizado por investigadores como Seltzer en el año 1966 con el propósito de estudiar la anatomía radicular interna, analizar posibles calcificaciones distróficas, evaluar la presencia de forámenes accesorios, conductos laterales y reabsorciones. Esta técnica presenta algunas desventajas, como son: la angulación y el grosor del corte histológico y que al realizarla se destruye el diente (26).

Técnica de microscopia electrónica de barrido (MEB). Fue utilizada por estudios cuyo objetivo era la evaluación de la anatomía del SCR, proporcionando datos como el diámetro del orificio de entrada de los conductos radiculares. Este método, sin embargo, también es sensible al corte y presenta limitaciones similares a los métodos de sección e histológico (26).

Revisiones clínicas. Este grupo de técnicas se puede utilizar conjuntamente con radiografías o algún tipo de instrumento que permita la magnificación de los dientes estudiados. En esta metodología también se incluyen los relatos de casos clínicos, además de la utilización de conos de papel, como una prueba auxiliar, para determinar la presencia de un posible segundo conducto atendiendo a los niveles de hipoclorito de sodio intraconducto (26).

Radiografías. En 1972, Pineda y colaboradores llevaron a cabo un estudio en 4.183 dientes, tanto superiores como inferiores, mediante método *in vitro*. La técnica que emplearon consistió en tomar dos radiografías periapicales a cada diente: una desde una angulación mesio-distal y otra con una dirección vestibulo-lingual. Consideraron este método como el más acertado para llevar a cabo su investigación, ya que la radiografía periapical es la imagen

diagnóstica empleada durante el tratamiento de endodoncia. Por motivos de su estudio, realizaron un completo y detallado estudio de cada periapical a fin de obtener el máximo de información (27).

TCHC. La aplicación de la Tomografía Computarizada (TC) en estudios en el área de la Endodoncia fue reportada por primera vez por Tachibana y Matsumoto en el año 1990 (14). En las TC los vóxeles son anisotrópicos (no son iguales en todos sus planos), por lo que la altura del vóxel dependerá del grosor del corte, lo que limita la precisión en las imágenes obtenidas de los diferentes planos. Por otra parte, en los datos obtenidos mediante TCHC, los vóxeles son isotrópicos, es decir, todos sus planos son iguales en cuanto a longitud, altura y profundidad, lo que permite la obtención de mediciones geométricamente precisas en cualquier plano. Sumado a lo anterior, cabe resaltar la capacidad de reducir o eliminar la superposición de las estructuras circundantes, lo cual la hace muy ventajosa en su aplicación en el área de la Endodoncia (15).

Microtomografía computarizada. En 2014 fue publicado un artículo basado en un estudio realizado por Leoni y colaboradores en el cual se analizaron los aspectos morfométricos de la anatomía interna de los incisivos inferiores permanentes, centrales y laterales, mediante imágenes obtenidas con Microtomografía Computarizada (*in vitro*). Gracias a este estudio, los investigadores dieron a conocer datos a cerca de la longitud radicular, la presencia y localización de conductos accesorios, deltas apicales, el número de conductos y aspectos morfológicos muy específicos de dichos conductos como: área, forma, diámetro, volumen, área de superficie, e índice de modelo de estructural (20).

2.2 Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC).

La palabra ‘tomografía’ representa el conjunto de técnicas mediante las cuales se obtienen imágenes de las diferentes capas de tejidos que integran el cuerpo que se ha sometido al estudio (3).

Las Tomografías Computarizadas se dividen en dos grupos: por una parte tenemos la tomografía computarizada en haz de abanico y por otra parte tenemos la tomografía computarizada de haz cónico. Esta clasificación depende de la forma en que se obtiene la geometría del haz de rayos X (7).

En el primer grupo, un haz de rayos X en forma de abanico atraviesa el cuerpo que se quiere estudiar, obteniendo cortes en el plano axial. Finalmente, la información se obtiene al unir las imágenes de los diferentes cortes en el plano axial del cuerpo para conformar múltiples representaciones bidimensionales (7).

El segundo grupo, es decir la TCHC, utiliza un haz de rayos X cónico y en una sola rotación del tubo de rayos X se obtienen los datos. Este eje de rotación va de los 194 a los 360° y en cada grado toma una o dos imágenes del cuerpo que se esté estudiando (3).

Es importante mencionar que la proyección de los haces de rayos X es ortogonal, lo que quiere decir que los rayos X van paralelos los unos a los otros y como el objeto de estudio se

ubica muy cercano al sensor, hay un escaso error de proyección, por lo que se obtienen mediciones a escala 1:1 (3).

En la imagen que se muestra a continuación (Figura 1), se ve representado de manera gráfica cómo es la forma de un haz de rayos X plano y en contraposición, la forma de un haz de rayos X cónico. Sumado a lo anterior, cabe resaltar que en las tomografías de haz en abanico, se requieren múltiples rotaciones del tubo de rayos X en una eje de 360° alrededor del objeto para obtener una sola imagen, mientras que con el uso de la TCHC solo se requiere una rotación en un eje incluso menor a 360°, reduciendo con ello la dosis de radiación, lo cual es de suma importancia cuando el examen se realiza a un paciente (3).

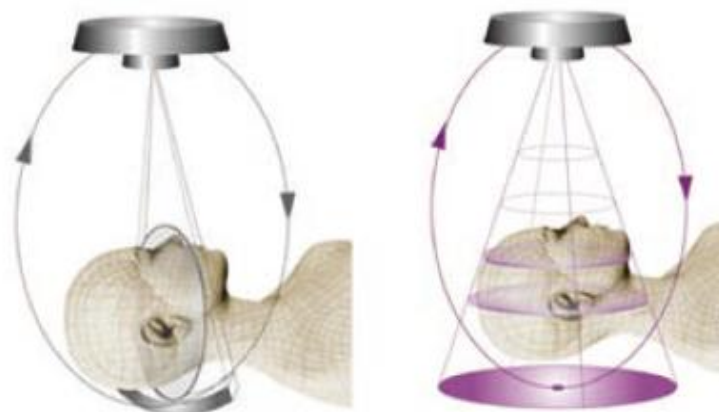


Figura 1 Diferencias en el tipo de escaneado: haz plano (TC) y haz de tipo cónico (TCHC). Imagen tomada de Martínez NZ, Gallardo VP, Ortiz de Anda, R M, Franco JL. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología ¿Qué debemos saber? Revista Española de Ortodoncia 2011; 41(1):31-37.

2.3 Origen de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC).

La capacidad de poder ver en mejor forma, con mayor precisión y menor invasión el interior del cuerpo humano se lo debemos, en gran parte, a Sir Godfrey N. Hounsfield, importante científico inglés, quien en los años 60 desarrolló el primer escáner con el que fue posible visualizar los diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano a partir del giro de un tubo de rayos X en sentido axial. Esta idea ya había sido expuesta años antes por Allan Cormack. Sin embargo, éste último no pudo obtener resultados clínicos (1).

En Latinoamérica se instaló el primer tomógrafo computarizado de Sir Godfrey N. Hounsfield en el año 1977 en Santiago de Chile y en el año 1979, este científico recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, el cual decidió compartir con Allan Cormack (1).

Sir Godfrey N. Hounsfield falleció el 12 de agosto de 2004 en Londres a la edad de 84 años, pero su legado, en constante evolución, marcó un antes y un después en el diagnóstico por imágenes, contribuyendo de esta manera en la obtención de un diagnóstico mucho más certero (1).

La imagen a continuación es una fotografía de Sir Godfrey N. Hounsfield, tomada en los años 70 (1).



Figura 2 Fotografía de Sir Godfrey Newbold Hounsfield tomada en 1970

Imagen tomada de Bosch E. Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna. Revista chilena de radiología 2004; 10(4):183-185.

2.4 Usos de la TCHC en el área de la Endodoncia

La endodoncia es la especialidad de la odontología que se enfoca en el estudio de la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias que albergan la pulpa coronal y radicular, con el objetivo de tratar las patologías que afectan el complejo dentino-pulpar y la región periapical (8).

El tratamiento endodóntico propiamente dicho consiste en la extirpación del tejido pulpar que se halla en el interior de la cámara pulpar y de los conductos radiculares, la desinfección y posterior conformación del sistema de conductos radiculares, para ser finalmente obturados de manera adecuada con un material biocompatible, todo ello con el objetivo de mantener el diente en boca y permitir su posterior rehabilitación (8).

Estudiar y conocer la anatomía del sistema de conductos radiculares del diente a tratar, así como las posibles variaciones de esa morfología interna es prerequisite ineludible a la hora de dar inicio a cualquier tratamiento endodóntico (8).

La complejidad de la anatomía de dichos sistemas de conductos radiculares es variable, lo cual dificulta en la mayoría de los casos la determinación del número, la localización y la disposición de los conductos en el sistema de conductos radiculares (4).

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC), como herramienta para el estudio de la anatomía del sistema de conductos radiculares, representa grandes beneficios en el área de la Endodoncia en comparación con sus antecesoras. Estas ventajas son: una mayor precisión, capacidad para proporcionar imágenes en tamaño real de las estructuras que se necesitan estudiar, una mejor definición, una mayor especificidad y una mayor sensibilidad (4).

Antes de la TCHC, las radiografías bidimensionales, y más exactamente las radiografías periapicales, eran la herramienta estándar para el diagnóstico por imagen de las patologías de carácter pulpar y periapical. Sin embargo, en la actualidad el uso de la TCHC ha permitido obtener imágenes tridimensionales de las estructuras dentales mediante la realización de diversos cortes de las mismas (axial, coronal y sagital), logrando así un mayor conocimiento de la anatomía radicular y el número de conductos presentes en cada diente, así como las posibles variaciones anatómicas (9). Todo ello con mínima distorsión y una reducción importante en la dosis de radiación, con respecto a las TC convencionales (45).

2.5 Ventajas que ofrece el uso de la TCHC frente a las técnicas radiográficas convencionales en el diagnóstico por imagen en el área de la Endodoncia

Los principales casos en los que se requiere el uso de la TCHC en la especialidad de Endodoncia, son aquellas situaciones clínicas con especial grado de complejidad y en las que las técnicas radiográficas convencionales, como son las radiografías periapicales, no aportan información suficiente para llegar a un diagnóstico acertado (2).

Dentro de estas situaciones que exigen un estudio más detallado, se pueden mencionar: casos en los que se pretendan identificar anomalías en el sistema de conductos radiculares, así como curvaturas u otras complicaciones de los mismos. Será muy útil también en los casos que requieran confirmar complicaciones del tratamiento tales como instrumentos fracturados, perforaciones, sobreobturaciones o la existencia de conductos calcificados (2).

Así mismo, en casos de lesiones periapicales, las cuales representan una de las causas más frecuentes de patología endodóntica, hay que tener en cuenta que éstas pueden cursar en forma sintomática o asintomática. Cuando el paciente presenta sintomatología clínica inespecífica y los hallazgos radiográficos mediante técnicas bidimensionales no son concluyentes, es necesario recurrir al uso de la TCHC para realizar el diagnóstico y establecer el plan de tratamiento más indicado (2).

En casos de traumas dentales, al realizar exploraciones con TCHC se pueden observar nítidamente las fracturas, llegando a diagnosticar fracturas horizontales. Además, al tratarse de una técnica imagenológica extraoral, será mucho más cómoda para el paciente que acaba de sufrir un traumatismo, ya que en muchos casos no es posible una adecuada apertura de la cavidad bucal para tomar una radiografía intraoral (2).

Cuando se está frente a un caso de reabsorción radicular, es frecuente que esta condición no pueda ser fácilmente diagnosticada en sus estadios más tempranos mediante radiografías convencionales como pueden ser las radiografías periapicales. Es por ello, que en esa situación clínica está especialmente indicada la realización de un estudio con TCHC que permita determinar el tipo de reabsorción, su localización y sus características morfológicas (2).

Finalmente, en la planificación pre-quirúrgica en el área de la Endodoncia, el uso de la TCHC ofrece importantes ventajas frente a otras técnicas radiográficas, ya que permite realizar un estudio detallado de las estructuras anatómicas del cráneo y la cara, especialmente su tercio inferior, y establecer la relación espacial existente entre las estructuras que los componen, principalmente por tratarse de una imagen tridimensional de tamaño real, lo cual ofrece mayor efectividad y fiabilidad a la hora de establecer un diagnóstico y el plan de tratamiento a seguir (2).

2.6 Desventajas de la TCHC

Una de las principales desventajas de la TCHC es su limitada resolución de contraste, lo cual se debe, en mayor medida, a la distorsión de la radiación que se presenta durante la obtención de las imágenes (45).

La otra desventaja está relacionada con la dosis de radiación. De acuerdo con los datos reportados en el año 2007 por el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés), la dosis efectiva emitida por una radiografía panorámica es de 13 μSv (microsievert), la emitida por una radiografía cefalométrica es de 1-3 μSv y por una radiografía periapical es de 1-8 μSv (46). En un estudio publicado por Schulze y colaboradores, se reportó que la dosis de radiación efectiva de la TCHC oscila entre 36.9 y 50.3 μSv . Al respecto, los investigadores concluyeron que la dosis de radiación de una TCHC, a pesar de ser menor que la emitida por una TC convencional, es significativamente alta si se compara con las técnicas radiográficas convencionales (47).

Sin embargo, la dosis de radiación efectiva puede ser modificada en función de factores como son el tamaño del paciente, el campo de visión (FOV), la limitación del estudio a un área de interés específica y la resolución de la imagen. Una cuidadosa selección de todos estos parámetros es necesaria para optimizar la información y reducir al máximo la exposición del paciente a la radiación (45).

2.7 Importancia del estudio de la anatomía del sistema de conductos radiculares de los incisivos inferiores (centrales y laterales) permanentes

A menudo, en la práctica clínica únicamente se tienen en cuenta los conceptos teóricos sobre la anatomía dental y no se consideran las variaciones anatómicas que se pudieran presentar, lo cual puede conllevar al fracaso del tratamiento endodóntico (9) y al no cumplimiento del objetivo principal del tratamiento de endodoncia que es la desinfección, conformación y obturación adecuada de todo el sistema de conductos radiculares (4).

El éxito del tratamiento endodóntico mantiene una relación intrínseca con el conocimiento de la anatomía interna del diente por parte del odontólogo especialista en el área (10).

Dentro de los diferentes grupos de dientes, los incisivos inferiores permanentes se presentan como un reto debido a su tamaño y anatomía con diversas variaciones. En términos más generales, estos dientes se consideran como unirradiculares, con un solo conducto desde la cámara pulpar hasta el foramen apical, el cual es ancho en sentido vestibulolingual y estrecho en sentido mesiodistal (10).

Precisamente, en algunos casos debido al acentuado estrechamiento mesiodistal, se pueden presentar bifurcaciones en el conducto, pero que terminan en un único foramen. Solo en algunas ocasiones esta bifurcación es completa, dando lugar a dos conductos radiculares que terminan cada uno en su propio foramen (10).

Según un estudio de Gomes y colaboradores, el 64% de los incisivos inferiores permanentes presentan un único conducto, mientras que en el 36% de los casos estos dientes presentarán múltiples conductos. Es por ello que una minuciosa evaluación mediante el uso de la TCHC, es necesaria e indispensable para obtener un resultado exitoso en el tratamiento endodóntico (10).

2.8 Clasificación de la anatomía del sistema de conductos radiculares según Vertucci.

En el amplio estudio de la endodoncia, numerosos autores han propuesto varios modelos para clasificar la anatomía del sistema de conductos radiculares, entre ellos cabe mencionar:

- Weine (1969-1999)
- Pineda and Kuttler (1972)
- Green (1956)
- Vertucci (1984)
- Kulild & Peters (1990)
- Gulabivala.(2001)
- Alavi (2002)
- Sert & Bayirli (2004) (26)

En 1974 el Dr. Frank J. Vertucci publicó un artículo en el cual dio a conocer los resultados obtenidos en un estudio que había realizado en 300 dientes anteroinferiores (100 incisivos centrales, 100 incisivos laterales y 100 caninos) con el método de diafanización (*in vitro*). A partir de las observaciones realizadas propuso una clasificación del sistema de conductos radiculares para el grupo de dientes anteroinferiores permanentes que consistió en 4 tipos (Figura 3):

- Tipo I (1): Un solo conducto desde la cámara pulpar hasta el ápice
- Tipo II (2-1): Dos conductos separados salen de la cámara pulpar y se unen próximos a llegar al tercio apical para constituir un solo conducto.
- Tipo III (1-2-1): Un solo conducto sale de la cámara pulpar, se divide en dos conductos y se vuelven a unir para terminar como un solo conducto.
- Tipo IV (2): Dos conductos independientes emergen desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular (33).

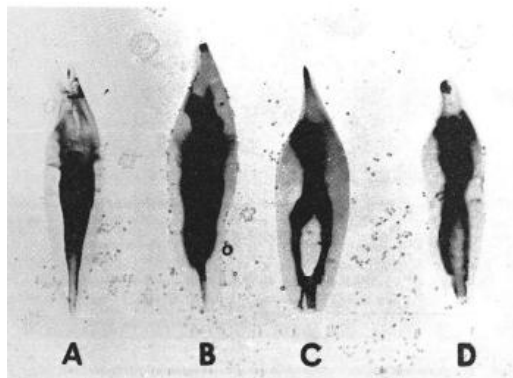


Figura 3 Clasificación de la anatomía del sistema de conductos radiculares según Vertucci
Imagen tomada de Vertucci FJ. *Root canal anatomy of mandibular anterior teeth. J Am Dent Assoc.* 1974; (89):369-371.

En aquel entonces, Vertucci afirmó que la literatura proporcionaba datos muy discordantes en cuanto a la incidencia de un segundo conducto en este tipo de dientes, con valores tan bajos como 1% y tan altos como el 43% (33).

Diez años después, en 1984 publicó un nuevo artículo en el cual complementó los resultados que había obtenido en 1974. Al grupo inicial de los 300 dientes anteroinferiores se le sumaron 2.100 dientes más, tanto superiores como inferiores, y pertenecientes a diferentes grupos: incisivos (centrales y laterales), caninos, primeros y segundos premolares y primeros y segundos molares. Como en el estudio que había realizado en 1974, nuevamente empleó el método de diafanización para teñir el tejido pulpar de los dientes evaluados. De esta manera, Vertucci se encontró ante un sistema de conductos complejo y quiso complementar los cuatro

tipos ya establecidos en 1974 con cuatro tipos más, proponiendo la clasificación que ha llegado hasta nuestros días y que ha sido considerada como “Gold Standard” (31):

Tipo I: Un solo conducto que va desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Tipo II: Consiste en dos conductos radiculares independientes que inician en la cámara pulpar y se unen justo antes de llegar al ápice, constituyendo un solo conducto.

Tipo III: Inicia un único conducto en la cámara pulpar, este conducto se ramifica en dos conductos que nuevamente se unirán para terminar como un solo conducto.

Tipo IV: Se trata de dos conductos radiculares independientes que inician en cámara pulpar y terminan cada uno en su foramen correspondiente.

Tipo V: El conducto radicular sale de la cámara pulpar y antes de llegar al ápice se ramifica en dos conductos separados que terminan cada uno en su correspondiente foramen apical.

Tipo VI: De la cámara pulpar salen dos conductos independientes los cuales se fusionan a nivel del tercio medio radicular y nuevamente se dividen cerca del ápice para terminar cada uno en un foramen.

Tipo VII: Un único conducto parte de la cámara pulpar, se bifurca, vuelve a unirse a nivel del tercio medio radicular y nuevamente se divide cerca del ápice para dar lugar a dos conductos que terminarán cada uno en un foramen.

Tipo VIII: Consiste en tres conductos independientes en todo su recorrido, desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular, en donde terminarán cada uno en su foramen correspondiente (11).

En la imagen a continuación se muestra de manera gráfica las ocho configuraciones del sistema de conductos propuestas por Vertucci (11).

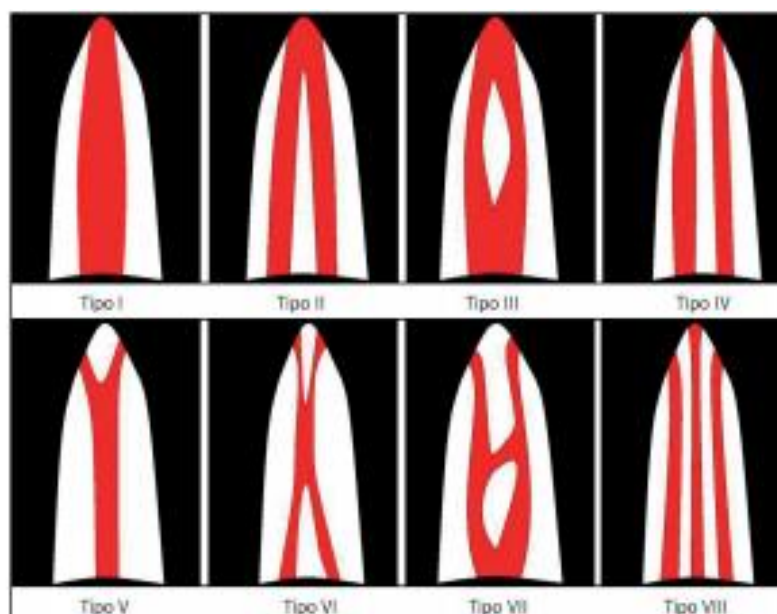


Figura 4 Esquema que representa los diferentes tipos de morfología interna radicular según Vertucci.

Imagen tomada de Gutiérrez AH, Rangel CAT, Báez REG, Fernández RGM, Marín EI. Estudio anatómico del sistema de conductos radiculares del segundo premolar inferior mediante la técnica de diafanización dental. Revista Odontológica de Los Andes 2015; 10(1):12-16.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

- Describir mediante TCHC el número de conductos radiculares de los dientes incisivos inferiores almacenados en el BDHP de la Universidad Santo Tomás y que han sido tomados para este estudio, conforme a la clasificación de Vertucci (31).

3.2 Objetivos específicos

- Determinar cuál es la variación de Vertucci más predominante en los incisivos centrales y laterales inferiores seleccionados para este estudio.
- Identificar posibles variaciones anatómicas en el sistema de conductos radiculares de los dientes evaluados, que difieran de la clasificación establecida por Vertucci en 1984 (31).

4. Método

4.1 Tipo de estudio.

Se trató de un estudio observacional descriptivo de corte transversal, puesto que se observó y describió, mediante tomografías computarizadas de haz cónico (TCHC), el sistema de conductos radiculares de los incisivos inferiores almacenados en el BDHP de la Universidad Santo Tomás, sede Floridablanca, en un momento determinado (12).

4.2 Selección y descripción de participantes

4.2.1 Población y muestra. La población objeto de este estudio la integraron 200 dientes incisivos inferiores permanentes (109 centrales y 91 laterales) almacenados en el BDHP de la Universidad Santo Tomás, sede Floridablanca. Formaron parte de la muestra solo aquellos que cumplieron a cabalidad los criterios de inclusión, que fueron 198 dientes incisivos inferiores permanentes (108 centrales y 90 laterales). Se excluyeron dos dientes de la población inicial (1 central y 1 lateral) por presentar tratamiento de endodoncia previamente realizado.

4.2.2 Tipo de muestreo. Se trató de un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que los dientes que integraron la muestra fueron donados voluntariamente por pacientes que asistieron a consulta odontológica en las instalaciones de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga y Floridablanca y fue en dichas instalaciones donde se realizaron las exodoncias de los dientes y la donación voluntaria por parte de los pacientes. Cabe resaltar que no se realizó muestreo, puesto que se tomaron todos los dientes disponibles.

4.2.3 Criterios de selección (inclusión y exclusión).

4.2.3.1 Criterios de inclusión.

Dientes incisivos inferiores permanentes:

- Almacenados en el BDHP de la Universidad Santo Tomás.
- Cuya raíz está anatómicamente completa.

4.2.3.2 Criterios de exclusión.

Dientes incisivos inferiores permanentes:

- Con tratamiento endodóntico previo.

4.3 Variables

Tipo de diente:

- **Definición conceptual:** Órganos humanos de consistencia dura y color blanco, implantados en los alvéolos dentales del maxilar y la mandíbula cuya clasificación depende de la posición que ocupan en los maxilares y su función. Teniendo así incisivos (centrales y laterales), caninos, premolares y molares, en la dentición permanente.
- **Definición operativa:** Grupos de dientes evaluados en el estudio.
- **Naturaleza:** Cualitativa.
- **Escala de medición:** Nominal.
- **Valores que tomó:** Se asignó el número 1 a los incisivos centrales inferiores y el número 2 a los incisivos laterales inferiores.

Número de conductos radiculares:

- **Definición conceptual:** Número de conductos que integran la morfología interna radicular de los dientes evaluados, y que están compuestos por vasos sanguíneos, nervios y tejido conectivo.
- **Definición operativa:** Conductos presentes en las raíces de los dientes evaluados.
- **Naturaleza:** Cuantitativa.
- **Escala de medición:** De razón.

- **Valores que tomó:** Se asignó el número 1 a los dientes con un solo conducto, el número 2 a los dientes con dos conductos radiculares y el número 3 a los dientes con tres conductos radiculares.

Clasificación del sistema de conductos radiculares según Vertucci:

- **Definición conceptual:** Tipo de morfología radicular interna establecida por el Dr. Frank J. Vertucci en el año 1984, de acuerdo al número de conductos y su disposición en el interior de las raíces a partir de estudios realizados en dientes extraídos mediante la técnica de diafanización (*in vitro*).

- **Definición operacional:** Tipo de anatomía radicular presente en los dientes del estudio según la Clasificación de Vertucci.

- **Naturaleza:** Cualitativa.

- **Escala de medición:** Nominal.

- **Valores que tomó:** 1.Tipo I; 2.Tipo II; 3.Tipo III; 4.Tipo IV; 5.Tipo V; 6.Tipo VI; 7.Tipo VII; 8.Tipo VIII.

4.4 Instrumento para la recolección de la información

El instrumento empleado en este estudio consistió en una tabla de cuatro columnas y 201 filas diseñada por los investigadores para organizar la información obtenida. La primera columna corresponde al ID o número asignado a cada diente del 1 al 200. En la segunda columna se asignó a cada diente un número (1 ó 2) dependiendo de si era un incisivo central o lateral inferior. La tercera columna contiene la información obtenida a cerca del número de conductos radiculares presentes en cada diente a partir de su análisis tomográfico. Finalmente, en la cuarta columna se asignó a cada diente un número del 1 al 8 de acuerdo a la clasificación de su sistema de conductos radiculares según Vertucci. La lectura de la tabla es en sentido horizontal, de izquierda a derecha. Cada diente está identificado con un número y la información extraída de su estudio tomográfico se encuentra en las celdas contiguas.

(Ver Apéndice B: Instrumento para la recolección de la información)

4.5 Procedimiento

1. Colocación de los elementos de bioseguridad por parte de los investigadores antes de ingresar en el BDHP.

2. Tomar del BDHP los 20 dientes que integran la población objeto de estudio para la prueba piloto.

3. Realizar el pre-diseño del molde que contendrá los dientes en el momento de hacer la tomografía, teniendo en cuenta las dimensiones estandarizadas para el tomógrafo, las cuales son: Molde redondo con diámetro de 8 cm y altura de 1,5 cm, donde 5 mm corresponderán a la profundidad de la cavidad donde irá ubicado cada diente y 10 mm se conservarán para la base del molde como tal.

4. Realizar pre-diseño de la disposición de los dientes en la circunferencia teniendo en cuenta que la distancia entre diente y diente debe ser de 10 mm, y que los dientes no pueden disponerse muy cercanos al borde más externo del molde, por lo que se conserva una distancia de 10 mm entre el diente más externo de cada fila o columna con el borde de la circunferencia. Dado que los dientes deben ir en filas paralelas y sus bordes incisales alineados perfectamente, se optó por una disposición basada en 2 filas de 4 dientes y 2 filas de 6 dientes para un total de 20 dientes por tomografía.
5. Diseñar en cera rosada para base el molde en el cual irán sostenidos los dientes a la hora de realizar la tomografía.
6. Realizar el vaciado del molde de cera en acrílico rosado de autopolimerización.
7. Retirar la cera adherida al acrílico y proceder a realizar el pulido del molde con piedras montadas, pimpollo para pulir cada orificio, lijas de agua de grosor 240 y 600 y finalmente pulido con felpas de alto brillo, para conseguir un muy buen acabado.
8. Marcar cada orificio con el ID del diente que contendrá.
9. Ubicar cada diente en su cavidad correspondiente y fijarlo a la estructura con cera rosada para base derretida.
10. Desplazarse hasta el centro radiológico donde está el tomógrafo.
11. Una vez allí, se ubicar el molde de acrílico con los dientes en el tomógrafo.
12. Digitalización del bloque acrílico en un tomógrafo i- CAT 17-19 (Imaging Science International, Hatfield, PA), con un campo de visión de 8 cm de diámetro; Voxel Size 0,125 mm; programa iCAT Vision versión 1.8.1.10.
13. Mediante el programa de digitalización de la imagen tomográfica, se realizaron cortes sagitales en cada diente para determinar su morfología radicular interna.
14. Recolección de datos con el instrumento específico diseñado para tal fin.
15. Procesamiento y análisis estadístico de los datos con el software estadístico STATA.
16. Se realizaron pruebas inter-observador para evitar la subjetividad de los resultados. El investigador considerado el Gold Standard fue el codirector de la tesis, Uriel Mesa.
17. Resumen de los resultados en tablas de frecuencias y de contingencia (9).

(Apéndice C – Paso a paso del procedimiento)

4.6 Prueba piloto

La prueba piloto se realizó en un centro de imágenes diagnósticas, donde se encuentra el tomógrafo requerido para este estudio. Al centro radiológico se llevó el molde redondo de acrílico con los 20 dientes de la prueba piloto perfectamente acomodados en cada agujero y sus bordes incisales alineados. Se dispuso el molde con los 20 dientes en la plataforma estandarizada para este tipo de estudios, se verificó en el computador que el molde estaba

centrado y se procedió a realizar la tomografía. Una vez obtenido el CD con el programa para visualizar las imágenes y la tomografía correspondiente, se procedió a realizar el estudio de cada diente, empleando para ello los cortes axiales, sagitales, coronales y transversales que nos permitió realizar el programa para lograr una perfecta visualización del sistema de conductos radiculares de cada uno de los 20 dientes. Después de evaluar cada corte se determinó que el corte sagital era el que proporcionaba una mejor visualización del sistema de conductos radiculares.

A medida que se fue estudiando el conjunto de imágenes obtenidas de cada diente, se fue capturando y guardando la imagen en la que mejor se visualizaba la anatomía del sistema de conductos, la cual se obtuvo en todos los dientes en el corte sagital, y se fue diligenciando el instrumento para la recolección de datos, el cual se ha adjuntado en el Apéndice D.

Durante este proceso, se realizó una calibración entre el director y los tres investigadores, para establecer el porcentaje de coincidencia entre los observadores. Para ello, cada uno de los investigadores observó los 20 dientes de la prueba piloto, con las mismas condiciones de iluminación y nitidez para evitar subjetividad en los resultados y el valor obtenido fue del 99% de coincidencia.

Ocho días después, se realizó una segunda calibración en la que se eligieron 12 dientes al azar de los 198 que integraban la población objeto de estudio. Cada investigador, incluido el director, observó cada imagen y escribió la clasificación de Vertucci que pensaba que correspondía con la imagen. En esta segunda calibración se obtuvo una coincidencia del 83,3% entre los observadores.

Finalmente, se realizó una tercera calibración, en la que se tomaron únicamente las imágenes de los dientes que, según los tres investigadores, habían presentado alguna variación en su sistema de conductos radiculares. El director de la tesis, considerado el Gold Standar, clasificó cada uno de estos dientes, siempre teniendo a la mano la representación gráfica de la clasificación de Vertucci (Figura 1) y con las mismas condiciones de iluminación y nitidez que los investigadores. En esa tercera calibración, se obtuvo una coincidencia del 81,5% entre los observadores.

4.7 Plan de análisis estadístico

4.7.1 Análisis Univariado. Se analizaron las variables estudiadas por separado. Para las variables cualitativas se calcularon frecuencias absolutas y porcentajes y para las variables cuantitativas se calcularon medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y medidas de dispersión (rango, desviación estándar y varianza).

4.7.2 Análisis Bivariado. Para el análisis bivariado se relacionaron las variables tipo de diente (central/lateral) con clasificación de Vertucci (tipo I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII) y tipo de diente con el número de conductos radiculares (**Tabla 1**).

Tabla 1 Plan de análisis bivariado

Variable	Naturaleza var1	Naturaleza var2	Opciones rta	Prueba estadística	Comando
tden/clasver	cualitativa	cualitativa	2/8	chi 2 –	tab tden clasver, col

				prueba exacta de fisher	row cel chi exact
tden /ncond	cualitativa	cuantitativa	2/3	- swilk para la distribución de la variable cuantitativa - t-student o u. de mann withney	swilk tden >0,05 test tden,by (ncond) swilk tden <0,00 ranksum tden, by (ncond)

4.8 Consideraciones éticas

Para la realización del presente estudio se tuvo en cuenta la normatividad contemplada en la Resolución N° 8430 de 1993 según la cual toda actividad de carácter investigativo tendrá que acogerse a las normas científicas, técnicas y administrativas estipuladas para tal fin. Según este decreto el presente estudio es considerado de riesgo mínimo al no contemplar ningún tipo de intervención, manipulación de variables biológicas o fisiológicas o interacción de los investigadores con los individuos que hicieron la donación voluntaria de los dientes que integran la población objeto de la investigación (13).

Cada uno de los dientes que integran la población objeto de estudio de la presente investigación, está respaldado por un consentimiento informado debidamente diligenciado el cual representa el consentimiento informado que firmaron cada uno de los pacientes que estuvieron de acuerdo en donar sus dientes al Banco de Dientes Humanos Permanentes (BDHP) de la Facultad de Odontología de la Universidad Santo Tomás.

5. Resultados

La población objeto de este estudio la constituyeron 200 dientes incisivos inferiores permanentes, de los cuales se excluyeron dos (1 central y 1 lateral) al no cumplir los criterios de inclusión, puesto que presentaban tratamiento endodóntico previamente realizado. La muestra final estuvo constituida por 108 centrales y 90 laterales almacenados en el BDHP de la Universidad Santo Tomás y formaron parte de la muestra solo aquellos que cumplieron a cabalidad los criterios de inclusión: Dientes incisivos inferiores: Almacenados en el BDHP de la Universidad Santo Tomás y cuya raíz estuviera anatómicamente completa. El 100% de los dientes evaluados presentaron una sola raíz.

En los resultados de este trabajo se observó que en los 108 dientes incisivos centrales inferiores incluidos en este estudio, el 90,83% presentaron clasificación radicular unicanal, mientras que el 9,17% presentaron configuración anatómica radicular de tipo bicanal. Con respecto a los 90 dientes incisivos laterales inferiores incluidos en este estudio, se obtuvo que el 96,70% de los dientes presentaron clasificación unicanal y tan solo el 3,30% correspondieron a clasificación bicanal (**Tabla 2**).

Tabla 2 *Número de conductos según tipo de diente*

Variable	Global	Unicanal	Bicanal	Multicanal	Valor de p
tden					

Central	108(54.50)	98(90.83)	10(9.17)	-	0.093
Lateral	90(45.50)	87(96.70)	3(3.30)	-	

tden: Tipo de diente (incisivo inferior central o incisivo inferior lateral)

En cuanto a la clasificación de Vertucci según el tipo de diente (**Tabla 3**), se obtuvo que de los 108 dientes incisivos centrales inferiores incluidos en este estudio, 81 dientes presentaron clasificación de Vertucci tipo I, lo cual representa un 75,23% de los dientes centrales evaluados, 2 dientes presentaron clasificación tipo II (1,83%), 15 dientes correspondieron a clasificación tipo III (13,76%), 2 dientes presentaron clasificación tipo V (1,83%), 3 dientes presentaron clasificación tipo VI (2,75%), 2 dientes presentaron clasificación tipo VII (1,83%) y 3 dientes presentaron clasificación tipo IX (2,75). En cuanto a los 90 dientes incisivos laterales inferiores incluidos en este estudio, se obtuvo que 63 dientes presentaron clasificación tipo I de Vertucci lo cual representa un 70,33% del total de dientes incisivos laterales inferiores evaluados, 2 dientes mostraron clasificación tipo II (2,20%), 18 dientes correspondieron a clasificación tipo III (19,78%), 2 dientes mostraron clasificación tipo V (2,20%), 1 diente mostró clasificación tipo VII (1,10%) y 4 dientes mostraron clasificación tipo IX (4,40%). Cabe resaltar que tanto la clasificación tipo IV como la clasificación tipo VIII no se presentaron en ninguno de los 198 dientes evaluados en este estudio y la clasificación tipo VI no se presentó en ninguno de los 90 dientes incisivos laterales inferiores incluidos en este análisis tomográfico. Mediante la prueba de Chi cuadrado no se encontró asociación entre el tipo de diente y la clasificación de Vertucci debido a que el valor no pasó el umbral de la significancia estadística ($p > 0.05$):

Tabla 3 *Clasificación de Vertucci según tipo de diente*

clasver	tden	
	Central n(%)	Lateral n(%)
Global	108(54.50)	90(45.50)
Tipo I	81(75.23)	63(70.33)
Tipo II	2(1.83)	2(2.20)
Tipo III	15(13.76)	18(19.78)
Tipo IV	-	-
Tipo V	2(1.83)	2(2.20)
Tipo VI	3(2.75)	-
Tipo VII	2(1.83)	1(1.10)
Tipo VIII	-	-
Tipo IX	3(2.75)	4(4.40)

Valor de $p = 0.625$

tdent: tipo de diente (incisivo inferior central o incisivo inferior lateral), clasver: Clasificación de Vertucci.

6. Discusión

Para este estudio se recolectó una muestra total de 200 dientes incisivos inferiores permanentes, de los cuales se excluyeron dos (1 central y 1 lateral) debido a que no cumplieron los criterios de inclusión, al presentar tratamiento de endodoncia. De los 198 dientes que sí cumplieron los criterios de inclusión, 108 dientes fueron incisivos centrales y 90 dientes fueron incisivos laterales, pertenecientes tanto al cuadrante inferior derecho como

al cuadrante inferior izquierdo. Estos 200 dientes fueron obtenidos del Banco de Dientes Humanos Permanentes de la Universidad Santo Tomás, sede Floridablanca. El objetivo del presente estudio, fue identificar la configuración del sistema de conductos radiculares más prevalente en la población analizada, tomando como referencia la clasificación propuesta por Vertucci en el año 1984 y según la cual se describen ocho tipos de morfología de los conductos radiculares (31).

Al analizar los resultados del presente estudio, es importante resaltar que el 100% de los dientes evaluados fueron unirradiculares, lo cual es concordante con los datos observados en estudios previos de otros autores como Green (37), Rankine-Wilson y Henry (38), Pineda (27), Madeira y Hetem (39), Vertucci (33), Benjamin y Dawson (40), Kaffe (41), Kartal (22), Mauger (32), Al-Qudah (42), Oliveira (43), Almeida (16), Liu (24), Rahimi (18) y Leoni (20) y discordante con Zhengyan y colaboradores (17) quienes realizaron un estudio en el cual analizaron 9.646 dientes anteroinferiores procedentes de una subpoblación china mediante el uso de TCHC (*in vivo*) y reportaron que 11 de los 3.257 dientes incisivos laterales inferiores permanentes que habían evaluado presentaron dos raíces (17).

El análisis cualitativo tridimensional del sistema de conductos radiculares de los incisivos centrales y laterales inferiores permanentes, que se llevó a cabo en el presente estudio, confirmó que el tipo I de Vertucci fue la anatomía más prevalente con valores del 75,23% para los centrales y del 70,33% para los laterales. Estos resultados son concordantes con los obtenidos por autores como Pineda (27), 72,4% - 76,2%; Madeira (39), 88,7% - 88,2%; Vertucci (31), 70% - 75%; Al-Qudah (43), 73,8%; Oliveira (44), 82,5%; Almeida (16), 75%; Liu (24), 91,1% - 82,5%; Leoni (20), 50% - 62%; Zhengyan (17), 96,25% - 89,4%; Ying (36), 93,3% - 82,57% y Aminsobhani (35), 72,7% - 70,6%; Rahimi (18), 64,52% - 61,71%.

En el presente estudio, la variación más prevalente fue la tipo III (1-2-1), de acuerdo a la clasificación de Vertucci, con valores de 13,76% para los incisivos centrales y 19,78% para los incisivos laterales. Esta variación fue también la más prevalente en los incisivos laterales y centrales inferiores analizados en los estudios realizados por Pineda and Kuttler (27), 19%-23%; Vertucci (31), 18%-22%; Kartal (22), 20%; Almeida (16), 16%; Liu (24), 10,4 - 5,3 y Leoni (20), 28% - 28%, Echevarría (21), 22,85% - 32,55%. Por otra parte, se encontró discordancia con los datos revelados en un estudio realizado por Rahimi (diafanización) en el cual la variación más prevalente, de acuerdo a las propuestas por Vertucci, fue la tipo II (2-1) con un valor de 18,28% en los incisivos centrales. Sin embargo, en los incisivos laterales sí hubo concordancia, ya que la variación más prevalente fue la tipo III (21,09%).

Esto dejar ver que hay una mayor probabilidad de encontrar un segundo conducto radicular en los incisivos laterales con respecto a los centrales (24). En los resultados reportados por Al-Qudah (diafanización), la variación más prevalente fue la tipo II (2-1) con un valor de 10,9% y en segundo lugar la tipo III (6,7%). Este autor no diferenció entre incisivos centrales e incisivos laterales (43), como sí se hizo en el presente estudio. Estas discrepancias al comparar diferentes estudios puede deberse, entre otros factores, a la metodología y técnica empleada y a la disimilitud en cuanto a los rasgos raciales entre las subpoblaciones evaluadas (18).

En 1973, Madeira y Hetem realizaron un estudio *in vitro* con la técnica de diafanización en 1.333 dientes incisivos inferiores permanentes, centrales y laterales. Los resultados de dicho estudio mostraron que el 11% de los dientes evaluados presentaron una bifurcación incompleta, compatible con las clasificaciones tipo II (2-1) y tipo III (1-2-1) de Vertucci (33),

en las que dos conductos convergen en un solo foramen apical, y 0,5% de los dientes presentaron bifurcación completa, es decir, dos conductos con dos forámenes apicales separados (39). Al respecto, los resultados obtenidos en el presente estudio, sugieren una distribución similar en cuanto a que es mayor el porcentaje de dientes que presentaron una bifurcación incompleta (18,78%) en comparación a los que presentaron una bifurcación completa (4,85%).

Al analizar los resultados obtenidos en el estudio de Madeira y Hetem en los incisivos centrales y en los incisivos laterales de manera independiente, se observó que los incisivos laterales inferiores permanentes presentaron una mayor incidencia de un segundo conducto en comparación con los datos obtenidos en los incisivos centrales (39). Sin embargo, en el presente estudio, los incisivos laterales presentaron una mayor prevalencia de bifurcación incompleta con respecto a los incisivos centrales (21,98% - 15,59%, respectivamente), pero en cuanto a la prevalencia de bifurcación completa, los centrales presentaron un mayor porcentaje (6,41%) en comparación con los incisivos laterales (3,3%). Una distribución similar se observó en los resultados obtenidos por Echevarría y colaboradores (Radiografía convencional *in vitro*), en los cuales los incisivos laterales presentaron una mayor prevalencia de bifurcación incompleta (34,9%) en comparación con los centrales (22,85%) pero en cuanto a la prevalencia de bifurcación completa fueron los centrales lo que obtuvieron un mayor porcentaje (5,71%) frente a los laterales (3,48%) (21).

En la **Tabla 4** se describe de manera detallada los resultados obtenidos en investigaciones previas a este estudio con respecto a la prevalencia de bifurcación incompleta y completa en los incisivos centrales y laterales inferiores permanentes.

Adicional a eso, en un estudio realizado por Mukhaimer y colaboradores, mediante la técnica de Radiografía digital por método *in vitro*, afirmaron que por muchas razones, el odontólogo no debería sentirse seguro cuando trata únicamente un conducto en un incisivo inferior permanente. Para sustentar esta afirmación, señalaron que un punto importante es que si en un diente incisivo inferior permanente, sea central o lateral, se presentan dos conductos, normalmente estos dos conductos se unen a una distancia de entre 1 y 3 mm del ápice. Si solo se instrumenta, desinfecta y obtura un conducto y además se hace a una distancia corta del punto de unión de los dos conductos, el segundo conducto puede necrosarse y afectar directamente el área periapical a través de su foramen. Otro aspecto importante es que cuando únicamente se trata un conducto, el tejido pulpar del segundo conductos puede liberar sustancias tóxicas que van a penetrar y a afectar directamente el espacio del ligamento periodontal. En ambas situaciones, se produce el fracaso en el tratamiento de los conductos radiculares. Es por ello que las clasificaciones de Vertucci tipo II y tipo III son las más propensas a este tipo de fracaso endodóntico, cuando no se ha realizado un estudio minucioso de la anatomía del sistema de conductos radiculares y se ignoran estas posibles variaciones (34).

En su artículo publicado en 1984, Vertucci afirmó que el objetivo principal del tratamiento de endodoncia es la exhaustiva limpieza química y mecánica de todo el espacio pulpar (cámara y conductos) y su completa obturación con los materiales dispuestos para tal fin. Añadía que dentro de las principales razones que conducen al fracaso del tratamiento endodóntico es el hecho de dejar conductos radiculares sin instrumentar, desinfectar y obturar. Es por ello, decía, que el odontólogo debe tener un conocimiento minucioso de la anatomía del sistema de conductos radiculares antes de tratar un diente endodónticamente (33).

En un estudio previo realizado en la Universidad Santo Tomás, mediante radiografía digital con método *in vitro*, en la misma población de dientes incisivos inferiores permanentes que se evaluaron en el presente estudio, reportaron que del total de la población, solo se evaluaron 191 dientes, ya que las imágenes de esos 9 dientes restantes no pudieron ser interpretadas. Concluyeron que 32,46% de los dientes evaluados presentaron dos conductos radiculares. En estos dientes, las variaciones de Vertucci tipo III, seguida de tipo la VII, fueron las más prevalentes. Las configuraciones tipo IV y tipo VI fueron las menos prevalentes y no se encontraron configuraciones tipo V ni tipo VIII. Además, el 4.7% de los incisivos inferiores evaluados presentaron dos conductos radiculares que terminaron en dos forámenes independientes cada uno (21). Los resultados propuestos en la investigación realizada por Echeverría y colaboradores difieren de los obtenidos en el presente estudio. Esta discordancia puede atribuirse, en gran medida, a la diferencia entre las técnicas empleadas. Con respecto a este punto, Parsanna y colaboradores realizaron un estudio cuyo objetivo fue hacer una comparación entre los resultados obtenidos con cuatro técnicas diferentes (radiografía digital, radiografía digital con medio de contraste, TCHC, TC helicoidal y TC periférica) con respecto a la técnica de diafanización, considerada como el Gold Standard en el momento en el que realizaron el estudio (14).

Los resultados de esa investigación concluyeron que el TCHC obtuvo un 99% de concordancia entre los evaluadores, los cuales fueron tres endodoncistas y dos radiólogos maxilofaciales, todos ellos calibrados, frente al 82% de concordancia obtenido mediante análisis con radiografía digital (14). Es por ello que cabe resaltar que los resultados obtenidos con nuestro estudio reflejan una información más certera con respecto a los datos proporcionados en el estudio mediante radiografía convencional.

Tabla 4 *Resumen de autores, método empleado y la prevalencia de dos conductos en los incisivos inferiores estudiados.*

Autor	Año	Método	Técnica	Número de dientes evaluados	Prevalencia de bifurcación incompleta (%)	Prevalencia de bifurcación completa (%)
Green y col	1956	<i>in vitro</i>	Observación con estereomicroscopio	200	7	13
Rankine-Wilson and Henry	1965	<i>in vivo</i>	Radiografía convencional	111	40,5	5,4
Pineda y col	1972	<i>in vitro</i>	Radiografía convencional	363	Centrales: 25,5 Laterales: 22,5	Centrales: 2,1 Laterales: 1,3

Tabla 4.a *Resumen de autores, método empleado y la prevalencia de dos conductos en los incisivos inferiores estudiados.*

Madeira and Hetem	1973	<i>in vitro</i>	Diafanización	1.333	Centrales: 11 Laterales: 11,1	Centrales: 0,3 Laterales: 0,8
Vertucci	1974	<i>in vitro</i>	Diafanización	200	Centrales: 27 Laterales: 23	Centrales: 3 Laterales: 2
Benjamin and Dawson	1974	<i>in vitro</i>	Radiografía periapical con	364	41,4%	1,3%

			elemento radiopaco			
Kartal y col	1992	<i>in vitro</i>	Diafanización	100	36%	9%
Mauger y col	1998	<i>in vitro</i>	Resección quirúrgica del tercio apical radicular	100	A 1 mm del ápice: 2% A 2 mm del ápice: 0% A 3 mm del ápice: 1% **No determinaron si esta bifuración persistía hasta el ápice, terminando en dos forámenes independientes.	
Al-Qudah	2006	<i>in vitro</i>	Diafanización	450	17,6	8,7
Oliveira y col	2009	<i>in vivo</i>	Radiografía digital con dirección ortoradial	400	17,5%	**No determinaron si esta bifuración persistía hasta el ápice, terminando en dos forámenes independientes o se volvían a unir como un solo conducto.
Oliveira y col	2009	<i>in vitro</i>	Radiografía digital con dirección MD y BL	200	15% desde dirección BL 20% desde dirección MD	
Almeida y col	2013	<i>in vitro</i>	Micro CT	340	16	3,2
Aminsobhani y col	2013	<i>in vivo</i>	TCHC	1.246	Centrales: 16 Laterales: 10,8	Centrales: 11,3 Laterales: 18,6
Rahimi y col	2013	<i>in vitro</i>	Diafanización	314	Centrales: 34,95 Laterales: 37,5	Centrales: 0,54 Laterales: 0,78
Liu y col	2014	<i>in vivo</i>	TCHC	1.553	Centrales: 7,3 Laterales: 14,3	Centrales: 1,6 Laterales: 3,1

Tabla 4.b Resumen de autores, método empleado y la prevalencia de dos conductos en los incisivos inferiores estudiados.

Leoni y col	2014	<i>in vitro</i>	Micro CT	100	Centrales: 28 Laterales: 28	Centrales: 4% Laterales: 2%
Ying y col	2014	<i>in vivo</i>	TCHC	3.132	Centrales: 5,68 Laterales: 15,52	Centrales: 1,02 Laterales: 1,91
Zhengyan y	2016	<i>in vivo</i>	TCHC	9.646	Centrales: 5,55	Centrales:

col					Laterales: 8,75	0,85 Laterales: 1,45
Echeverría y col	2016	<i>in vitro</i>	Radiografía convencional (análoga)	191	Centrales: 22,85 Laterales: 34,9	Centrales: 5,71 Laterales: 3,48
Este estudio	2018	<i>in vitro</i>	TCHC	198	Centrales: 15,59 Laterales: 21,98	Centrales: 6,41 Laterales: 3,3

**Bifurcación incompleta: Se refiere a los tipos II y III de la clasificación de Vertucci, dos conductos convergen en un solo foramen apical (39)

**Bifurcación completa: Se refiere a los tipos IV, V, VI, VI y VIII de la clasificación de Vertucci, dos conductos con dos forámenes separados (39).

7. Conclusiones

La mayoría de los dientes evaluados presentaron un solo conducto radicular y la variación tipo III de Vertucci fue la más prevalente.

Los incisivos laterales presentaron mayor incidencia de un segundo conducto, en comparación con los centrales.

Existen variaciones que difieren de las establecidas por Vertucci en 1984.

Clínicamente, la TCHC es una buena opción y puede ser aplicada para la medición de los conductos radiculares, identificación de los conductos radiculares y las variaciones anatómicas que estos pueden presentar. Con la TCHC la morfología radicular puede ser visualizada en tres dimensiones, así como el número de conductos radiculares y su recorrido (24).

8. Recomendaciones

- Se recomienda abordar inicialmente todo diente incisivo inferior permanente como un diente con dos conductos hasta que el examen clínico, radiográfico y tomográfico demuestre lo contrario.

- Añadir una casilla para indicar el género del paciente, en el actual consentimiento informado para la donación de dientes al BDHB de la Universidad Santo Tomás, sede Floridablanca.

- El uso de TCHC se recomienda para el análisis de la morfología de los conductos radiculares previo al tratamiento endodóntico y para evaluar la calidad de la obturación después de realizado el tratamiento, en los casos donde se sospeche una morfología radicular compleja (24).

- Se recomienda realizar un estudio con Micro TC con esta misma población de dientes incisivos inferiores permanentes y llevar a cabo una comparación entre los resultados

obtenidos en el estudio de Echevarría y colaboradores, el presente estudio y los que se obtengan con la técnica de Micro CT.

Referencias

- (1) Bosch E. Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna. *Revista chilena de radiología*. 2004; 10(4):183-185.
- (2) Samaniego LB. Aplicaciones de la TCHC en el diagnóstico en endodoncia. *REDUCA*. 2014; 6(4).
- (3) Martinez NZ, Gallardo VP, Ortiz de Anda, R M, Franco JL. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología ¿Qué debemos saber? *Revista Española de Ortodoncia*. 2011; 41(1):31-37.
- (4) Ortiz JP, Forero J, Gamboa LF, Niño JL. Análisis mediante tomografías de haz de cono de la configuración anatómica de los orificios de la raíz mesial del primer molar maxilar en población colombiana. *Univ Odontol*. 2015 Jul-Dic; 34(73): 77-85.
- (5) Navarro LF, Luzi A, Garca AA, Garca AH. Tercer conducto en la raíz mesial de los primeros molares mandibulares permanentes: revisión de la literatura y presentación de 3 casos clínicos y 2 estudios in vitro. *Odontología Clínica*. 2008; 1:15-19.
- (6) Oviedo-Muñoz P1, Hernández-Añaños JF2. Tomografía computarizada Cone Beam en endodoncia. *Revista Estomatológica Herediana*. 2012; 22(1):59-64
- (7) Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association*. 2006; 72(1):75.
- (8) Rodríguez-Niklitschek C, Oporto GH. Determinación de la longitud de trabajo en endodoncia: Implicancias clínicas de la anatomía radicular y del sistema de conductos radiculares. *International journal of odontostomatology*. 2014; 8(2):177-183.
- (9) Coronel MF, Sevilla CTI. Anatomía de la primera premolar mandibular observada mediante tomografía cone beam. Estudio in vitro. *Revista Científica Salud & Vida Sipanense*. 2016; 3(2):43-49.
- (10) Duque TM, Herrera DR, Ferraz CC, Zaia AA, Almeida JF, Gomes BP. Localización efectiva de un segundo conducto radicular en incisivos inferiores mediante magnificación, radiografía y diafanización. *Rev.estomatol.Hered*. 2013; 23(2):57-62.
- (11) Gutiérrez AH, Rangel CAT, Báez REG, Fernández RGM, Marín EI. Estudio anatómico del sistema de conductos radiculares del segundo premolar inferior mediante la técnica de diafanización dental. *Revista Odontológica de Los Andes*. 2015; 10(1):12-16.
- (12) Anguita JC, Labrador JR, Campos JD. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención primaria*. 2003; 31(8):527-538.
- (13) RDCMD, s. Resolución N° 8430 de 1993. http://www.unisabana.edu.Co/fileadmin/Documentos/Investigacion/comite_de_etica/Res__8430_1993_-_Salud.pdf1993.

- (14) Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV. Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, cone-beam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. *J Endod.* 2010; 36(9):1547-1551.
- (15) Lenguas AL, Ortega R, Samara G, López MA. Tomografía computarizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. *Cient dent.* 2010; 7(2):147-159.
- (16) de Almeida MM, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandao CG, et al. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod.* 2013; 39(12):1529-1533.
- (17) Zhengyan Y, Keke L, Fei W, Yueheng L, Zhi Z. Cone-beam computed tomography study of the root and canal morphology of mandibular permanent anterior teeth in a Chongqing population. *Therapeutics and clinical risk management.* 2016; 12:19.
- (18) Rahimi S, Milani AS, Shahi S, Sergiz Y, Nezafati S, Lotfi M. Prevalence of two root canals in human mandibular anterior teeth in an Iranian population. *Indian Journal of Dental Research.* 2013; 24(2):234.
- (19) Loushine RJ, Jurcak JJ, Jeffalone DM. A two-rooted mandibular incisor. *J Endod.* 1993; 19(5):250-251.
- (20) Leoni GB, Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *J Endod.* 2014; 40(5):710-716.
- (21) Análisis radiográfico de las variaciones anatómicas de los conductos radiculares en incisivos inferiores almacenados en el Banco de Dientes Humanos Permanentes (BDHP) de la Universidad Santo Tomás. Sergio Andrés Echeverría Quintana, Elberth Dubián Estupiñán Sepúlveda, Mayra Natalia Maldonado Rangel. Facultad de Odontología. 2016
- (22) Kartal N, Yanıkoğlu FÇ. Root canal morphology of mandibular incisors. *J Endod.* 1992; 18(11):562-564.
- (23) Nattres BR, Martin DM. Predictability of radiographic diagnosis of variations in root canal anatomy in mandibular incisor and premolar teeth. *International endodontic Journal.* 1991.
- (24) Liu J, Luo J, Dou L, Dequin Y. TCHC study of root and canal morphology of permanent mandibular incisors in a Chinese population. *Acta Odontologica Scandinavica.* 2014; (72): 26–30.
- (25) Moreno JO, Alves FR, Gonçalves LS, Martinez AM, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Periradicular status and quality of root canal fillings and coronal restorations in an urban colombian population. *J Endod.* 2013; (5): 600-604.
- (26) De Sousa RB. Estudio da anatomía interna de premolares inferiores a través de microtomografía computadorizada. 2015.

- (27) Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972; (1): 101-110.
- (28) Kaffe I, Kaufman A, Littner MM, Lazarson A. Radiographic study of the root canal system of mandibular anterior teeth. *Int Endod J.* 1985; (18): 253-259.
- (29) Mukhaimer R, Jarbawi M. Radiographic study of the root canal system of mandibular incisors in Palestinian population. *Open journal of stomatology.* 2013. (3): 452-456.2
- (30) Oliver CM, Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endod J.* 2001; 34(8):637-644.
- (31) Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58:589–99.
- (32) Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA (1998) An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in mandibular incisors. *Journal of Endodontics* 24, 607–9
- (33) Vertucci FJ. Root canal anatomy of mandibular anterior teeth. *J Am Dent Assoc.* 1974; (89):369-371.
- (34) Mukhaimer R, Jarbawi M. Radiographic study of the root canal system of mandibular incisors in Palestinian population. *Open journal of stomatology.* 2013. (3): 452-456.2
- (35) Aminsobhani M, Sadegh M, Meraji N, Razmi H, Kharazifard MJ. Evaluation of the root and canal morphology of mandibular permanent anterior teeth in an Iranian population by cone-beam computed tomography. *J Dent.* 2013; 10(4):358–366.
- (36) Ying Z, Yingtao D, Xiaoyan W, et al. Cone-beam computed tomography analysis of root canal configuration of 4674 mandibular anterior teeth. *J Peking Univ Health Sci.* 2014; 46(1):95–99.
- (37) Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1956; 9(11):1224-1232.
- (38) Rankine-Wilson RW, Henry P. The bifurcated root canal in lower anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1965; 70(5):1162-1165.
- (39) Madeira MC, Hetem S. Incidence of bifurcations in mandibular incisors. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 1973; 36(4):589-591.
- (40) Benjamin KA, Dowson J. Incidence of two root canals in human mandibular incisor teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1974; 38(1):122-126.
- (41) Kaffe I, Kaufman A, Littner Mm, Lazarson A. Radiographic study of the root canal system of mandibular anterior teeth. *Int Endod J* 1985; 18(4):253-259.
- (42) Al-Qudah AA, Awawdeh LA. Root canal morphology of mandibular incisors in a Jordanian population. *Int Endod J* 2006; 39(11):873-877.

- (43) Oliveira, Simone Helena Gonçalves de, Moraes LCd, Faig-Leite H, Camargo SEA, Camargo CHR. In vitro incidence of root canal bifurcation in mandibular incisors by radiovisiography. *Journal of Applied Oral Science* 2009; 17(3):234-239.
- (44) Avendaño KC, Niño JB, Gamboa LFM. Tratamiento de endodoncia en un primer premolar inferior con tres conductos. *Ustasalud*. 2013; (12): 134 –137.
- (45) Adibi S, Zhang W, Servos T, O'Neill PN. Cone beam computed tomography in dentistry: what dental educators and learners should know. *J Dent Educ* 2012; 76(11):1437-1442.
- (46) Valentin J. The 2007 recommendation of the International Commission on Radiological Protection, publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37:1–332.
- (47) Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4 and 16-slice computed tomography: cone beam computed tomography systems and conventional tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33:83–6.

Apéndices

Apéndice A Tabla de Operacionalización

Variables para el análisis del problema de investigación

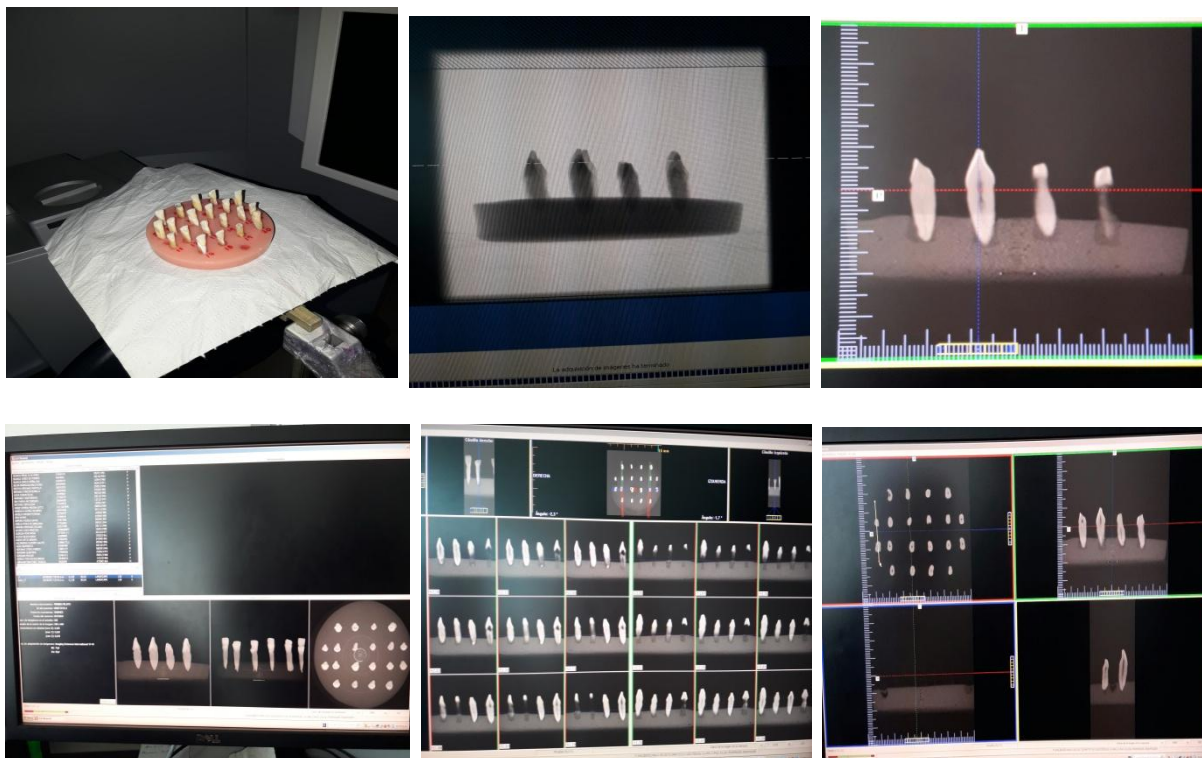
Variable	Def. conceptual	Def. Operacional	Naturaleza/Función	Escala de medición	Valor numérico
Tipo de diente	Órganos humanos de consistencia dura y de color blanco, implantados en los alvéolos dentales del maxilar y la mandíbula cuya clasificación depende de la posición que ocupen en los maxilares y su función. Teniendo así incisivos (centrales y laterales), caninos, premolares y molares, en la dentición permanente.	Grupos de dientes evaluados en el estudio.	Cualitativa	Nominal	1.Central 2.Lateral
Número de conductos	Número de conductos que integran la morfología interna radicular de los dientes evaluados, y que están compuestos por vasos sanguíneos, nervios y tejido conectivo.	Conductos presentes en las raíces de los dientes evaluados.	Cuantitativa	De razón	1.Unicanal 2.Bicanal 3.Multicanal
Clasificación del sistema de conductos radiculares según Vertucci	Tipo de morfología radicular interna establecida por el Dr. Frank J. Vertucci en el año 1984, de acuerdo al número de conductos y su organización en el interior de las raíces a partir de estudios realizados en dientes extraídos y teñidos con Hematoxilina.	Tipo de anatomía radicular presente en los dientes del estudio según la Clasificación de Vertucci.	Cualitativa	Nominal	1.Tipo I 2.Tipo II 3.Tipo III 4.Tipo IV 5.Tipo V 6.Tipo VI 7.Tipo VII 8.Tipo VIII

Apéndice B Instrumento para la recolección de la información

[illegible]

Apéndice C Procedimiento para la elaboración del moldeacrílico y prueba piloto



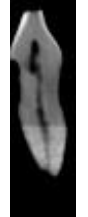


Cambio de la disposición de los dientes en el molde acrílico, simulando la disposición de estos en una mandíbula.



Apéndice D Tomografía Tarro A (Prueba Piloto)

Tomografía Tarro A (Prueba Piloto) – Dientes del 1 al 20

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
1	2		1	3
2	1		2	6
3	2		1	3
4	2		1	1
5	2		1	3

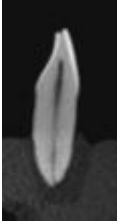
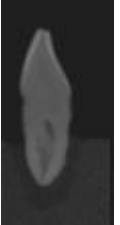
6	2		1	1
7	2		1	3
8	2		1	3
9	1		1	1
10	2		1	1
11	1		1	1
12	2		1	2

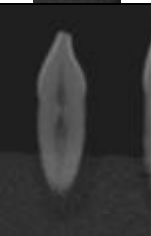
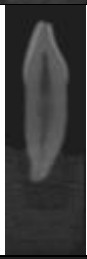
13	1		1	1
14	1		1	1
15	1		1	1
16	2		1	3
17	2		1	3
18	2		1	1
19	1		1	1

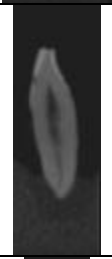
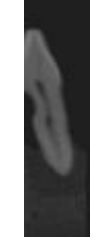
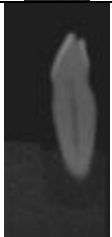
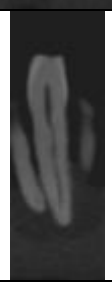
20	2		1	1
----	---	---	---	---

Apéndice E Tomografía Tarro B

Tomografía Tarro B - Dientes del 21 al 40

ID	t _{den}	Imagen obtenida de la tomografía	n _{cond}	clas _{ver}
21	2		1	1
22	1		1	1
23	2		1	1
24	1		1	1
25	2		1	1
26	1		1	1

27	1		1	1
28	1		1	1
29	2		1	1
30	1		1	1
31	1		2	3
32	1		1	1
33	1		2	2

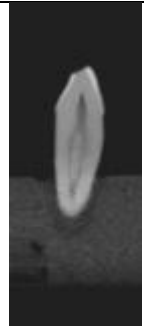
34	2		1	1
35	1		1	1
36	1		1	1
37	1		1	1
38	1		1	1
39	1		1	1
40	1		1	1

Apéndice F Tomografía Tarro C

Tomografía Tarro C – Dientes del 41 al 60

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
41	1		2	6
42	1		1	1
43	2		1	1
44	2		1	1
45	2		1	1

46	1		1	1
47	1		1	3
48	1		2	7
49	1		1	1
50	1		1	1
51	1		1	9

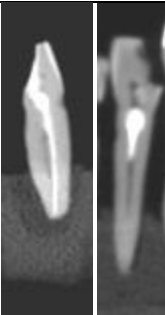
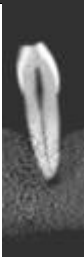
52	2		1	3
53	1		1	3
54	2		1	1
55	1		1	1
56	1		1	1
57	2		1	1

58	1		1	9
59	2		1	1
60	1		1	1

Apéndice G Tomografía Tarro D

Tomografía Tarro D – Dientes del 61 al 80

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
61	1		1	1
62	1		1	3
63	2		1	1
64	2		1	1
65	1		1	1

66	2		1	1
67	2		1	1
68	1		1	1
69	2		1	1
70	2		1	1
71	2		1	1

72	1		1	1
73	1		1	1
74	2		2	5
75	1		1	1
76	1		1	1
77	2		1	1

78	1		1	1
79	1		1	3
80	2		1	1

Apéndice H Tomografía Tarro E

Tomografía Tarro E – Dientes del 81 al 100

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
81	1		1	1
82	2		1	1
83	1		1	1
84	1		1	3
85	1		1	1

86	2		1	1
87	2		1	1
88	1		1	1
89	2		1	1
90	1		1	1
91	2		1	1

92	1		1	1
93	1		1	1
94	1		1	1
95	1		1	1
96	2		1	1
97	2		1	3
98	2		1	9

99	1		1	3
100	1		1	1

Apéndice I Tomografía Tarro F

Tomografía Tarro F – Dientes del 101 al 120

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
101	2		1	3
102	1		1	1
103	1		1	1
104	1		1	3
105	2		1	1

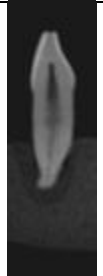
106	1		1	1
107	1		1	1
108	1		1	1
109	2		1	9
110	1		1	1
111	1		1	1
112	1		1	1

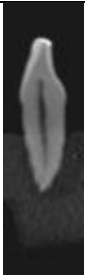
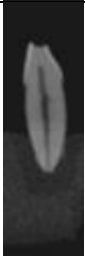
113	1		1	1
114	1		1	1
115	2		1	1
116	1		1	1
117	2		1	3
118	2		1	1
119	1		2	5

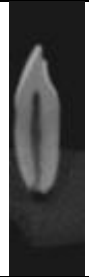
120	2		1	1
-----	---	---	---	---

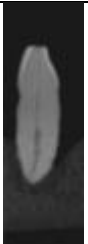
Apéndice J Tomografía Tarro G

Tomografía Tarro G – Dientes del 121 al 140

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
121	2		1	3
122	2		1	1
123	1		1	1
124	1		1	1
125	1		1	1

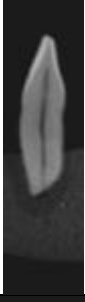
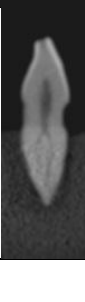
126	1		1	1
127	1		1	1
128	1		1	1
129	1		1	1
130	1		1	1
131	1		1	1

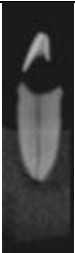
132	1		1	3
133	2		1	3
134	2		2	7
135	2		1	1
136	2		1	1
137	2		1	1
138	2		1	1

139	1		1	1
140	1		1	3

Apéndice K Tomografía Tarro H

Tomografía Tarro H – Dientes del 141 al 160

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
141	1		1	1
142	1		1	1
143	2		1	1
144	2		1	1
145	1		1	3

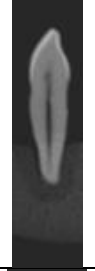
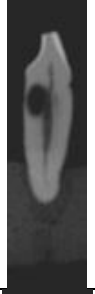
146	2		1	1
147	2		1	3
148	1		1	1
149	2		1	1
150	1		1	1
151	1		1	3
152	1		2	7

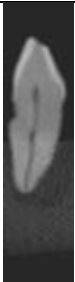
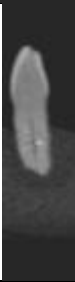
153	2		1	1
154	1		1	1
155	1		1	1
156	1		1	1
157	2		1	1
158	2		1	1

159	2		1	3
160	2		2	9

Apéndice L Tomografía Tarro I

Tomografía Tarro I – Dientes del 161 al 180

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
161	2		1	3
162	2		1	1
163	2		1	5
164	2		1	1
165	1		1	1

166	1		1	1
167	1		1	3
168	2		1	1
169	2		1	3
170	1		1	1
171	1		1	1

172	1		2	2
173	1		1	3
174	1		1	1
175	2		1	3
176	1		1	1
177	2		1	1

178	2		1	1
179	1		1	1
180	1		1	3

Apéndice M Tomografía Tarro J

Tomografía Tarro J – Dientes del 181 al 200

ID	Tipo de diente (tden)	Imagen obtenida de la tomografía	Número de conductos (ncond)	Clasificación de Vertucci (clasver)
181	2		1	1
182	1		1	9
183	1		2	5
184	2		1	1
185	1		1	1

186	2		1	1
187	1		1	1
188	2		1	1
189	2		1	1
190	1		1	1
191	2		1	1

192	1		1	2
193	2		1	1
194	1		2	6
195	2		1	1
196	2		1	1
197	2		1	1

198	2		1	9
199	2		1	1
200	2		1	1