



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN ENTRE RADIOGRAFÍA
CONVENCIONAL Y CONE BEAM, COMO AUXILIARES
DE DIAGNÓSTICO EN LESIONES PERIAPICALES:
REVISIÓN DE LITERATURA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

CLAUDIA EDITH CRUZ HERNÁNDEZ

TUTOR: Esp. HÉCTOR GERARDO HERNÁNDEZ MÉNDEZ

ASESOR: Esp. ALEJANDRA HEREDIA MORÁN

Cd. Mx.

SEPTIEMBRE 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mis más sinceros agradecimientos a mi tutor el esp. Héctor Gerardo Hernández Méndez, así como a mi asesora la esp. Alejandra Heredia Morán quienes, gracias a sus conocimientos, apoyo y paciencia, fueron una importante guía y ayuda en la realización de esta tesina y en la conclusión de esta etapa.

También quiero agradecer a la esp. María del Rosario Lazo García, por sus palabras, empatía y apoyo, que fueron parte importante en la finalización de este proyecto, así como en el aspecto personal.

Especial agradecimiento a la Facultad de Odontología, que brindó los recursos y el sostén necesario en situaciones complejas, gracias por ser mi segunda casa donde recibí toda clase de conocimientos y orientación, logrando así, llegar a esta importante etapa.

Por último, agradezco a mis amigos, quienes fueron parte excepcional en el curso de la carrera, a mi familia, a mi hermano Roberto Cruz Hernández, que estuvo presente en cada paso, así como a mis demás hermanos que, con su cariño incondicional, fue que llegué a esta meta. Agradecimientos especiales a mi mamá Epigmenia Hernández González y a mi papá José Teodoro Cruz Cruz que, gracias a ellos es que me encuentro concluyendo este sueño hecho realidad, que me brindaron los valores, el amor, la bondad y la fuerza para ser quien soy y luchar en este proceso; este logro no sólo es para mí, sino también para ellos.

Esta etapa la concluyo con mucho amor... muchas gracias.

Índice.

AGRADECIMIENTOS.....	2
1. Introducción.....	5
2. Objetivos.....	5
3. Antecedentes históricos de la radiología en odontología.....	6
4. Estándar y protocolo de imágenes médicas DICOM.....	9
5. Principios de funcionamiento.....	10
5.1. Radiografía convencional: ortopantomografía, radiografía oclusal y radiografía periapical.....	10
5.2. Proyección de imagen digital intraoral.....	14
5.3. Tomografía axial computarizada.....	16
5.3.1. Escáneres de primera generación.....	17
5.3.2. Escáneres de segunda generación.....	18
5.3.3. Escáneres de tercera generación.....	19
5.3.4. Escáneres de cuarta generación.....	19
5.3.5. Escáneres de quinta generación.....	20
5.3.6. Escáneres de sexta generación.....	20
5.3.7. Tomografía computarizada helicoidal.....	21
5.3.8. Cone beam: tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). ..	22
5.4. Descripción de la técnica.....	31
5.4.1. Exactitud de reproducción y resolución del Cone Beam (CBCT). ..	31
6. Ventajas de la radiografía convencional y Cone Beam (CBCT).....	32
7. Desventajas de la radiografía convencional y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).....	35

8. Radiografía convencional y Cone Beam (CBCT) en el manejo de problemas endodónticos.....	38
9. Diagnóstico de lesiones periapicales mediante radiografía convencional y tomografía computarizada de haz cónico.	45
10. Conclusiones.	56
11. Referencias.....	57
12. Figuras.....	60

1. Introducción.

En la práctica endodóntica, el profesional se enfrenta a desafíos durante el diagnóstico imagenológico de lesiones periapicales, generalmente derivadas de la contaminación provocadas por los desechos bacterianos, que inducen a la inflamación de tejidos periapicales y, por consiguiente, resulta en la resorción ósea de la región perirradicular. Las imágenes radiográficas convencionales son un método auxiliar de diagnóstico imprescindible para identificar dichas zonas que, en conjunto con una minuciosa historia clínica, examen clínico y pruebas endodónticas, conducirán a un correcto diagnóstico que brindará un plan de tratamiento adecuado. Sin embargo, al no coincidir signos clínicos y sintomatología, o prescindir de la visualización para lograr su identificación, es necesario optar por estudios mayormente específicos. Con el desarrollo de nuevas tecnologías en el área de imagenología, la introducción de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT *cone beam computed tomography*), ha planteado un papel importante para el diagnóstico de lesiones periapicales, que la radiografía convencional no puede exponer al ser una imagen bidimensional, ya que presenta gran confiabilidad al exponer regiones anatómicas en múltiples planos; por ende, se han realizado diversos estudios para evaluar su fiabilidad en comparación con la radiografía convencional, siendo CBCT un complemento diagnóstico importante para el odontólogo y el correcto manejo de lesiones periapicales.

2. Objetivos.

Esta revisión de literatura tiene como objetivo evaluar y comparar la eficacia de las radiografías convencionales y CBCT, para el diagnóstico de lesiones periapicales, analizando las características que brindan, así como las ventajas y desventajas que confieren su empleo y el éxito que tienen para la detección de dicha patosis perirradicular.

3. Antecedentes históricos de la radiología en odontología.

El descubrimiento y la evolución histórica de la imagenología, han permitido importantes avances en la ciencia, por ello, podemos identificar estructuras que anteriormente eran imperceptibles a simple vista, logrando un avance tecnológico crucial.¹ En odontología, la radiología posibilita la observación, diagnóstico, confirmación de distintas condiciones que no pueden ser identificadas clínicamente o no producen sintomatología ni signos clínicos, ya que, en un examen bucal, omitiendo imágenes radiográficas, limitará al profesional a estudiar únicamente tejidos blandos y dientes, superficial y clínicamente, diferenciado del uso de la radiología, la cual concibe información de dientes y hueso de soporte.²

En el año 1895, el físico Wilhelm Conrad Roentgen descubre los rayos X, revolucionando y cambiando permanentemente la práctica de la medicina y odontología. Comenzó experimentando con producción de rayos catódicos, observando una ligera fluorescencia; continuó experimentando hasta hacer la primera radiografía del cuerpo humano, colocando la mano de su esposa en una placa fotográfica, exponiéndola a los rayos durante 15 minutos, logrando ver la estructura ósea al momento de revelarla, denominando así, “rayos X” a su experimento, refiriéndose a “X” como las características desconocidas de dichos rayos (figura 1). Se le otorgó el primer Premio Nobel en física por tal descubrimiento. Gracias a este acontecimiento, centenares de investigadores dieron lugar a la radiografía dental, de los cuales muchos murieron debido a la sobreexposición de radiación.²



Fig. 1 Wilhelm Conrad Roentgen, descubre los rayos X; con la mano de su esposa obtiene la primera radiografía.¹

Luego del descubrimiento de los rayos X, en 1896 el odontólogo alemán Otto Walkhoff, realizó la primera radiografía dental, sometiéndose a 25 minutos de exposición radial.² (Figura 2)



Fig. 2 Primera radiografía dental, realizada por Otto Walkhoff.²

En 1896, el odontólogo de Nueva Orleans, Edmund Kells, realiza el primer uso práctico en Estados Unidos con la primera radiografía intraoral para el

tratamiento de lesiones odontológicas, en una persona viva. Kells expuso sus manos a la radiación por años, causando cáncer en estas, teniendo que amputárselas.^{1,2}

El odontólogo de Boston, William Herbert Rollins, inventó la primera unidad de radiografía dental; tiempo después, al lesionarse la mano, publicó el primer documento sobre los peligros asociados con la radiación.²

En 1899, Kells comenzó a utilizar las radiografías midiendo la longitud dental para poder realizar el tratamiento de conductos. En 1900, el doctor Weston A. Price decide utilizar las radiografías para el control de calidad en las obturaciones de conductos radiculares.³

Las primeras películas radiográficas con envoltura, fueron fabricadas en 1913 por Kodak.² Se inicia la era de la radiología dental moderna, con Gordon Fitzgerald, quien introduce la técnica con cono paralelo en 1947, basada en la técnica paralela de Kells, descrita en 1896 y usada en 1920 por Franklin McCormack en la radiografía dental práctica. En 1933, se inicia la experimentación por el japonés Hisatugu Numata, para obtener la radiografía panorámica, siendo el finlandés Yrjo Paatero quien mejora la técnica, atribuyéndole así el título de el “padre de la radiografía panorámica”.^{1,2}

A mediados de los 80's, se desarrollaron los detectores de radiografía digital. En el año 1987, se introduce el uso de la radiografía digital intraoral, denominando al primer sistema digital directo, “Radiovisiography”, el cual reduciría significativamente la dosis de radiación.^{3,4,6}

Allan Cormack (fig. 3b), físico sudafricano, funda las bases de la tomografía computada en 1963, 4 años más tarde, en 1967 Godfrey Hounsfield (fig.3a), utiliza el trabajo de Cormack para desarrollar la técnica de la tomografía axial computarizada (TAC), con el fin de tomar con rayos X múltiples mediciones de un objeto, siendo reconstruidos en una computadora y creando así una imagen tridimensional del mismo. En 1970, Hounsfield obtuvo la primera imagen *in*

vitro de tomografía computada, ganando junto con Cormack el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1979 por el desarrollo de la tomografía asistido por computadoras. La TAC es considerada como el mayor avance de radiodiagnóstico dentro de la historia de la radiología. En 1972 fue introducida al mercado en Estados Unidos, requiriendo 4 minutos y medio de exposición y 60 segundos para procesar los cortes y reconstruir la imagen. Los tomógrafos fueron presentando mejorías conforme pasaban por distintas generaciones, las cuales serán descritas en otro capítulo.^{5,6}

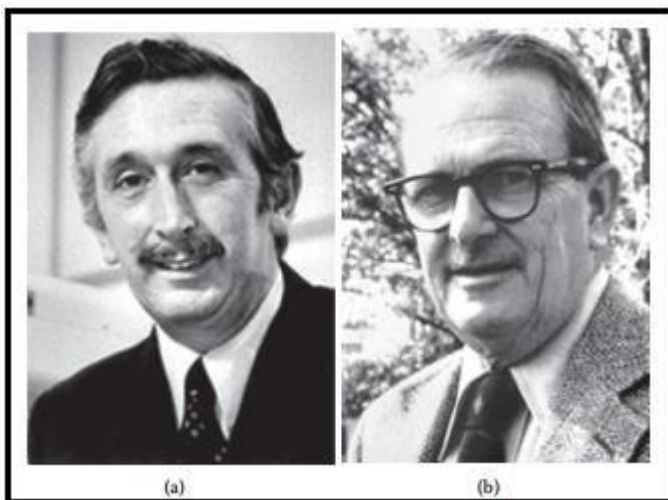


Fig. 3 Inventores de la Tomografía computada Godfrey Hounsfield (a) y Allan Cormack (b).³

4. Estándar y protocolo de imágenes médicas DICOM.

A comienzos de los 80's, con la aplicación de la imagen digital, se presentó la dificultad de tener un formato propio por cada empresa imposibilitando la comunicación entre ellos, y así con el aumento en el número de equipos de imagen digital en medicina, se crea la necesidad de estandarizar los protocolos de comunicaciones médicas, dando origen a DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), un formato único que guarda la información médica del paciente, así como los estudios de imagenología en un solo archivo, el cual puede ser intercambiado si es requerido, aunque los equipos sean de distintas marcas. DICOM fue fundado en 1983 por la *American*

College of Radiology (ACR) y la *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)*. Desde el año 1985, en el que fue publicada la primera versión del protocolo, se ha ido actualizando e integrando nuevos equipos dentro del sistema de almacenamiento y comunicación *Picture Archiving and Communication System (PACS)*, los cuales están integrados por un conjunto de dispositivos que ofrecen los elementos operacionales demandados por el área de radiología: adquisición de imágenes, almacenamiento de información, transferencia local de imágenes, consulta de imágenes, registro de resultados, interface con otros sistemas y transferencia remota de imágenes.

Con el formato DICOM, se ha facilitado la comunicación médica entre profesionales de la salud, así como con pacientes.^{6,7,8}

5. Principios de funcionamiento.

5.1. Radiografía convencional: ortopantomografía, radiografía oclusal y radiografía periapical.

Ortopantomografía.

En la práctica odontológica, numerosos casos se limitan con la obtención de información diagnóstica utilizando únicamente imágenes intraorales, llevando a escasa visualización estructural y un diagnóstico incompleto, siendo preferible la técnica extraoral panorámica, permitiendo ver un área extensa del maxilar y mandíbula en una sola proyección.¹

En la proyección de imagen panorámica es necesario equipo especial: unidad de rayos X panorámica, receptor, pantalla de película, pantallas intensificadoras y casete, siendo componentes principales de la unidad panorámica, el cabezal de los rayos X, posicionador del cabezal y controles de exposición. El receptor y cabezal de los rayos X están conectados y giran simultáneamente alrededor del paciente, denominando centro de rotación al eje alrededor del cual el receptor y el cabezal de los rayos X rota; el tamaño y forma del plano focal (posicionamiento de los arcos dentarios para poder

obtener una imagen clara) depende de la cantidad y ubicación de los centros de rotación.¹

El haz de rayos X nace del cabezal del panorámico a través del colimador, pasando por el paciente y exponiendo al receptor en el soporte del casete. El cabezal de la unidad panorámica siempre gira detrás de la cabeza del paciente y el receptor gira por delante, alineando los dientes mediante la cabeza posicionadora precisando el plano focal. El paciente debe permanecer estático durante el tiempo de giro y exposición.¹ (Figuras. 4 y 5)



Figura 4.
Posicionamiento
del paciente.⁴

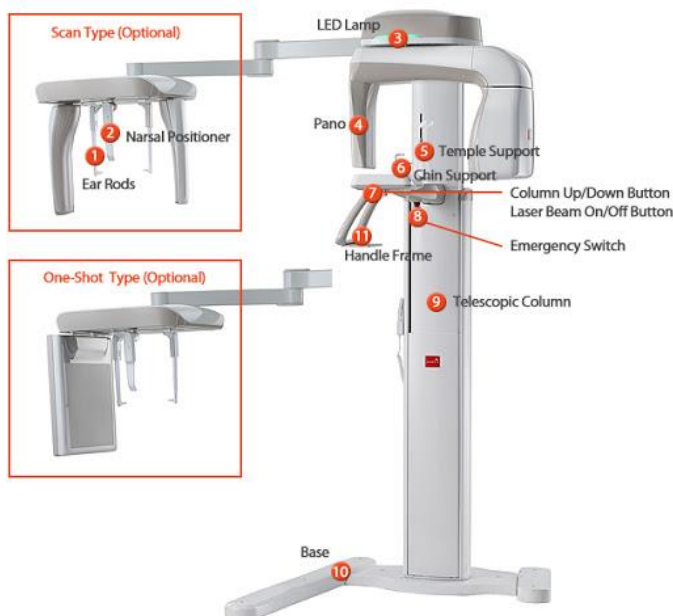


Figura 5.
Componentes de
un
ortopantomógrafo.⁵

Radiografía oclusal.

La técnica oclusal se utiliza en combinación con otras técnicas intraorales o extraorales, para tener un campo de visualización extenso, de maxilar y mandíbula.¹

El receptor se coloca entre las superficies oclusales de los dientes superiores e inferiores mordiendo suavemente para estabilizarlo mientras el paciente está en posición vertical en el sillón. La angulación difiere dependiendo de la proyección oclusal que se requiera, necesitando una película distinta para cada una.¹ (Figura 6)

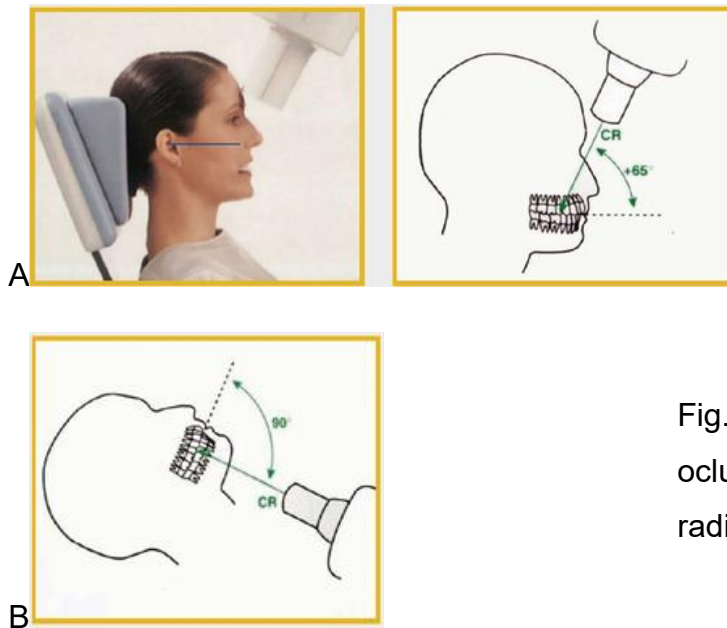


Fig. 6 Toma de radiografía oclusal maxilar (A). Toma de radiografía oclusal inferior (B).⁶

Radiografía periapical.

Para obtener una visualización en dos dimensiones, de corona y raíz del diente, y hueso de soporte, es empleado este examen radiográfico intraoral, obteniendo dos técnicas: Paralela y Bisectriz.^{1,3}

Técnica paralela: Con el paciente sentado, el receptor es colocado en boca paralelamente al eje longitudinal del diente, el rayo central del haz de rayos X es dirigido perpendicularmente al receptor y eje longitudinal del diente. Se

emplean anillos localizadores evitando la difusión de los rayos y obteniendo imágenes sin mayor distorsión; para lograrlo, debe existir una distancia larga entre objetivo-receptor (figura 7).^{1,3}

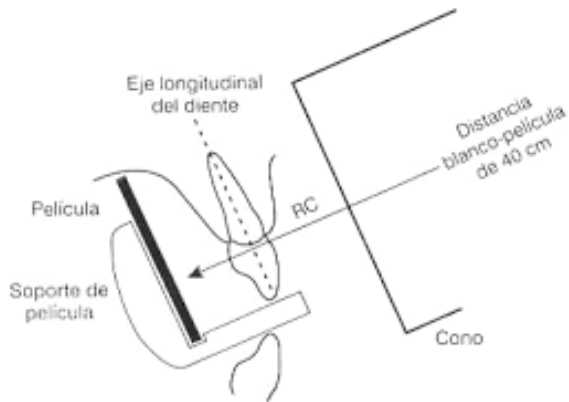


Fig. 7 Toma de radiografía periapical, técnica de planos paralelos.⁷

Técnica bisectriz: Está basada en el principio de la *regla isométrica*, estableciendo que dos triángulos son iguales si tienen dos ángulos iguales y comparten un lado. El haz de rayos X debe ser perpendicular a la bisectriz que se forma con el eje longitudinal del diente y el receptor; se requiere de dispositivos para la alineación del haz y la angulación del cono es crítica, por tal motivo, se recomiendan rangos estandarizados en la angulación (figura 8).^{1,3}

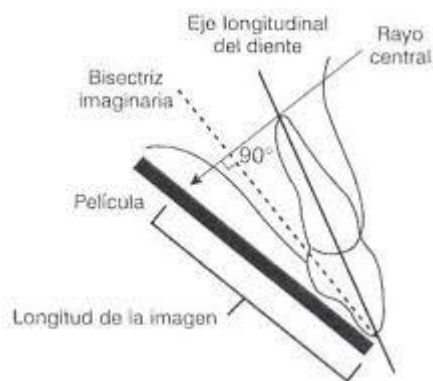


Fig. 8 Toma de radiografía periapical bisectriz.⁸

5.2. Proyección de imagen digital intraoral.

Los avances en la tecnología, han permitido crear un sistema sin películas radiográficas ni procesamiento químico, mejorando y aumentando la capacidad de diagnóstico en la odontología. La técnica requiere un sensor electrónico en lugar de la película dental, y un sistema de imagen computarizado que direcciona las imágenes radiográficas a un computador. El sensor recibe la información analógica, enviándola a un computador como una imagen digital la cual está formada por pixeles. Esta puede ser manipulada y editada según los requerimientos, para obtener una mejor interpretación y diagnóstico. Se emplea el término *imagen* para describir las imágenes producidas en esta técnica, descartando los términos *radiografía* y *película de rayos X*.^{1,3}

El sensor se coloca dentro de la boca, dirigiendo al haz de rayos X para golpear a este, produciendo una carga electrónica en su superficie, posteriormente se transmite la información de manera analógica al computador y se digitaliza mediante el uso de un *convertidor analógico-a-digital*, así, la imagen se muestra entre segundos a minutos.¹

Los sensores utilizados en esta técnica, pueden ser por cable o inalámbricos; cabe mencionar que son producidos por sus fabricantes, mayormente con dimensiones similares a las películas intraorales, y son más sensibles a la radiación X en comparación a la película convencional, por lo que se requiere menor radiación y, por ende, menor tiempo de exposición, siendo 50% a 90% (0,05 segundos) menos que la radiografía convencional (0,2 segundos).¹

Como fuente de radiación, los sistemas de imágenes digitales precisan en su mayoría, de un sistema convencional de unidad de rayos X dental debido a su compatibilidad, sin embargo, el temporizador de la unidad debe ser ajustado.

Tipos de imágenes digitales.

Imagen digital directa. Se conforman por una máquina de rayos X, un sensor intraoral y un monitor de computadora; el sensor está ligado a la computadora mediante un cable de fibra óptica, dicho sensor se coloca en boca y se expone a la radiación, capturando la imagen para transmitirla al computador y segundos después, se muestra en la pantalla (figura 9).¹

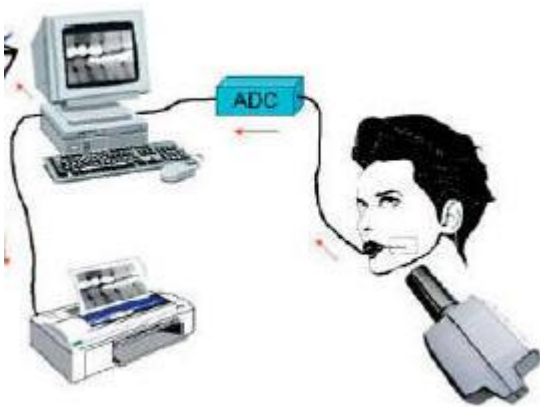


Fig. 9 Imagen digital directa.⁹

Imagen digital indirecta. Se utiliza una placa de almacenamiento como bodega provisional de la imagen, se transmite al computador sin necesidad de cables, se expone a la radiación una vez colocada en boca y, se selecciona en un aparato para leer la información (figura 10).³



Fig. 10 Imagen digital indirecta.¹⁰

5.3. Tomografía axial computarizada.

Consiste en un haz de rayos colimado y un detector, en el que la fuente de rayos X y el detector están conectados, teniendo así, un movimiento sincronizado y, al efectuar la traslación del paciente, el haz de rayos X es atenuado por las estructuras internas del individuo con base en la densidad de masa, la intensidad de radiación detectada, conforma un perfil llamado proyección.

Cuando esta traslación concluye, la fuente y el detector en conjunto, regresan a su posición original para iniciar otra traslación, obteniendo otro resultado y así repetir el procedimiento hasta adquirir numerosas proyecciones, las cuales no son visibles, sino que son registradas en el computador para posteriormente, ser procesadas y conformar una imagen final de la estructura anatómica estudiada (figuras 11 y 12). De acuerdo con su funcionamiento, a continuación, se describen los siguientes tipos de tomografías computarizadas o escáneres.^{5,9}



Fig.11 Toma de tomografía axial computarizada.¹¹



Fig. 12 Imágenes registradas mediante tomografía axial computarizada.¹²

5.3.1. Escáneres de primera generación.

Consiste en un sistema de tubo de rayos X y un detector que, en conjunto, hacen un movimiento de traslación rotación; requiere de numerosas rotaciones para poder obtener un corte tomográfico, por consiguiente, los tiempos de cortes superan los 5 minutos (figura 13).⁵

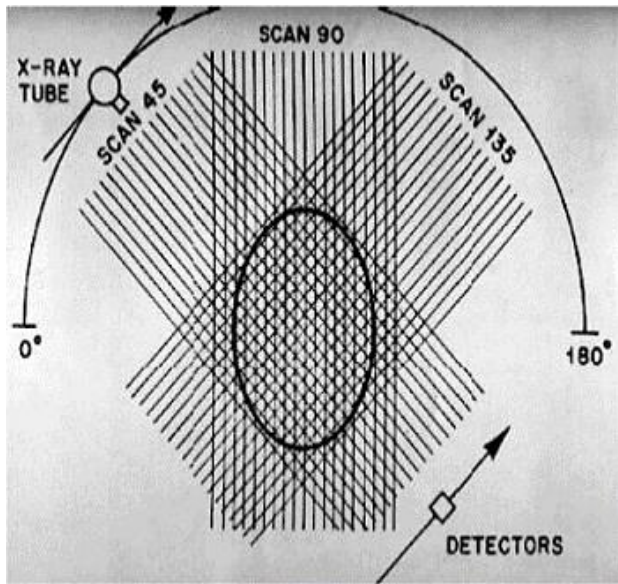


Fig. 13 Sistema de escáner de primera generación.¹³

5.3.2. Escáneres de segunda generación.

Consta de varios detectores y un haz de rayos X en abanico, reduciendo los tiempos de corte a 20-60 segundos, debido al aumento de radiación dispersa (figura 14).⁵

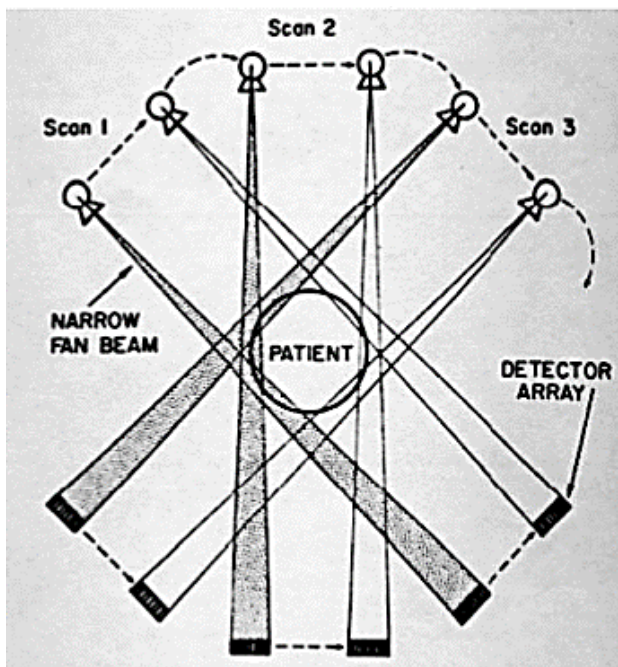


Fig. 14 Sistema de escáner de segunda generación.¹⁴

5.3.3. Escáneres de tercera generación.

El haz de rayos X tiene forma de abanico con un mayor ángulo de divergencia y, el conjunto de detectores está posicionado a manera de arco, estos giran en conjunto alrededor del paciente, obteniendo una imagen por segundo (figura 15).⁵

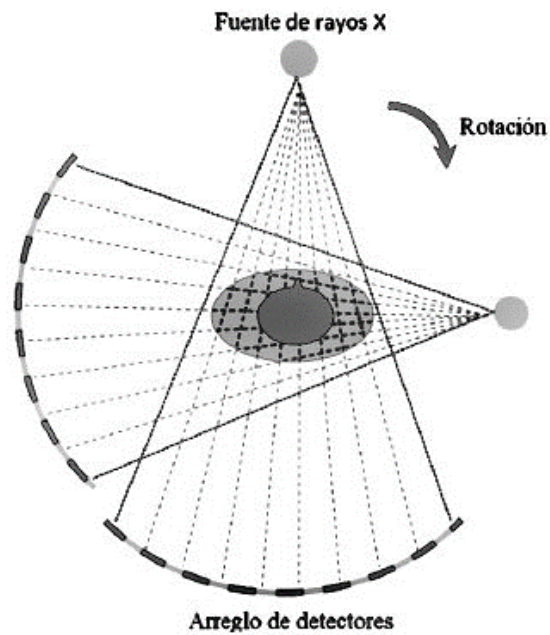


Fig. 15 Esquema de escáner de tercera generación.¹⁵

5.3.4. Escáneres de cuarta generación.

Se caracteriza por tener únicamente movimiento rotatorio; la matriz de detectores se encuentra fija mientras el tubo de haz de rayos X con disposición de abanico, gira, alcanzando 1 segundo por tiempo de barrido, por lo que la dosis de radiación recibida por el paciente es considerablemente más alta (Figura 16).⁵

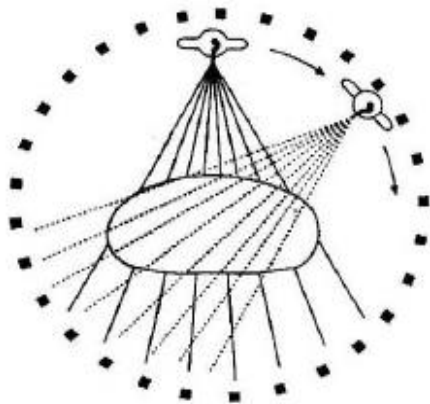


Fig. 16 Esquema de escáner de cuarta generación.¹⁶

5.3.5. Escáneres de quinta generación.

Esta generación consta de numerosos detectores y fuentes de rayos X que se encuentran fijos, por ende, los tiempos de corte son mínimos. Únicamente fueron utilizados en EE.UU.⁵ (Figura 17)

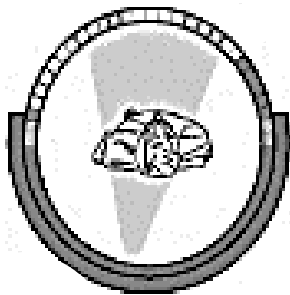


Fig. 17 Esquema de escáner de quinta generación.¹⁷

5.3.6. Escáneres de sexta generación.

Utiliza un cañón que emite electrones y posteriormente son desviados, inciden sobre láminas de tungsteno; el detector se sitúa del lado opuesto del Gantry por donde entran los fotones. Obtiene 8 cortes/224 milisegundos (figura 18).⁵

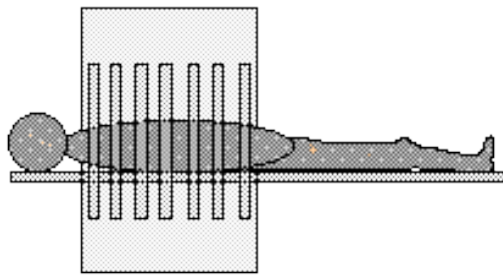


Figura 18. Esquema de escáner de sexta generación.¹⁸

5.3.7. Tomografía computarizada helicoidal.

El tubo de rayos X y los detectores, están colocados en anillos deslizantes. Cabe mencionar que no requiere de cables para recibir electricidad o enviar la información adquirida, gracias a esta disposición, permite una rotación completa y continua del tubo y detectores, incluso tras la camilla de exploración. El haz de rayos X obtiene la información anatómica volumétrica del paciente, mediante un trazo en forma helicoidal sobre la superficie del individuo; cada ciclo adquiere información con la que cada imagen o corte es reconstruida, con un tiempo de exploración de 1 segundo por ciclo (figura 19).⁵

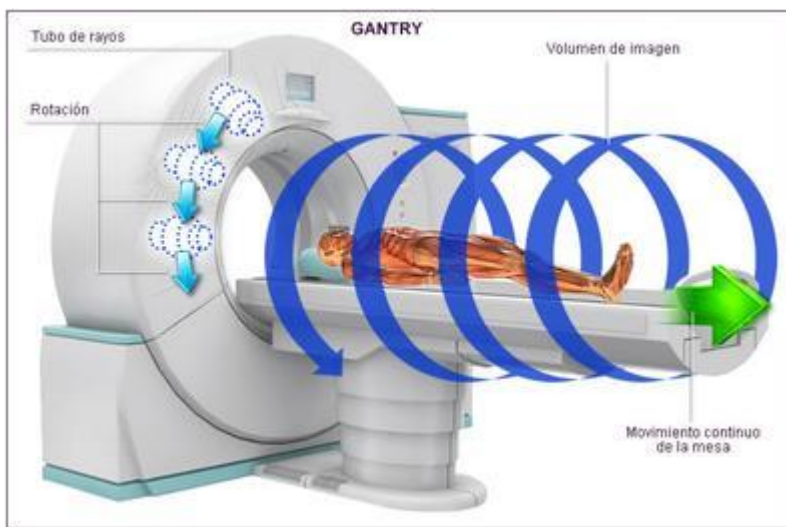


Fig. 19 Esquema de tomografía computarizada helicoidal.¹⁹

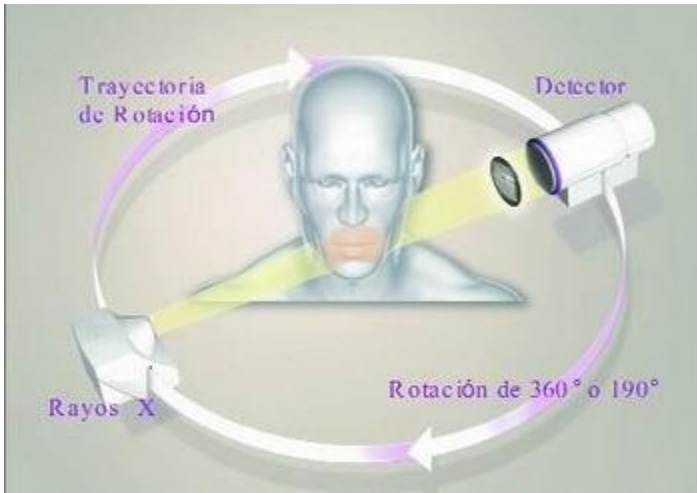
5.3.8. Cone beam: tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

El haz de rayos X es orientado de forma piramidal/cónica, rotando 360° en sincronía y en lado opuesto, con el detector, alrededor del paciente, utilizando un solo barrido del escáner, adquiriendo una imagen base por cada grado de rotación; la secuencia de imágenes base son reconstruidas en una imagen 3D en un computador convencional acoplado al tomógrafo, logrando que el tiempo de examen varíe entre 10 y 70 segundos (figura 20). El equipo se asemeja al aparato de radiografía panorámica; el haz de rayo cónico, obtiene un volumen de datos cilíndrico o esférico, conocido como *field of view* (FOV), variando el tamaño dependiendo del estudio a realizar (figura 21). Algunos escáneres CBCT tienen la capacidad de ajustar la altura del FOV cilíndrico, lo que permite capturar una zona en específico, reduciendo la radiación, obteniendo del FOV más pequeño, una dosis mínima de radiación de 7,4 micro Sieverts (uSv).^{5,9}

El profesional puede manipular las imágenes tridimensionales en computadores convencionales, ya que el idioma DICOM permite instalar los programas que ejecutan la reconstrucción de las imágenes sin necesidad de un software en específico, incluyendo la capacidad de almacenar e imprimir las imágenes deseadas.^{5,9}



A



B

Fig. 20. Aparato *DIGITAL VATECH SERIE PAX-I3D PREMIUM CBCT CONE BEAM* (A). Rayos X en forma cónica (B).²⁰



Fig. 21 Esquema que representa el tamaño de FOV: pequeño, mediano y largo.²¹

5.3.8.1. Cone beam: Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en odontología.

Con la evolución de la tecnología en el campo odontológico, y la necesidad de aumentar la exactitud en la obtención de diagnósticos que brinden mejores opciones de tratamiento e innovación de éstos, se inquirió conseguir imágenes tridimensionales del esqueleto maxilofacial, por lo que a finales de los años noventa se desarrolló la tomografía computarizada de haz cónico, consiguiendo así una menor dosis de radiación comparada con la tomografía computarizada convencional.^{5,9,10,12}

En diversas áreas de la práctica odontológica, el profesional requiere un mayor campo visual de las estructuras anatómicas, existiendo escáneres que tienen la capacidad de registrar el esqueleto maxilofacial completo, por lo que es de suma importancia contar con imágenes que nos brinden una vista multiplanar; sin embargo, con la única disposición de técnicas radiográficas, no es posible y nos provee de una limitada visualización para emitir un diagnóstico y, por consiguiente, un adecuado tratamiento. La utilización de la tomografía computarizada de haz cónico permite la creación de imágenes volumétricas en tiempo real, mostrando un plano axial, coronal y sagital, denominando a este proceso *multiplanar reformation* (MPR), además de posibilitar trazos sobre las imágenes, mediciones y la generación de réplicas radiográficas convencionales.^{5,9,10}

De acuerdo a la estructura anatómica o especialidad odontológica que requiera el uso de tomografía computarizada de haz cónico, se deberá tomar como referencia el *field of view* (FOV), es decir, para el registro de un área anatómica extensa, es necesario un mayor FOV, lo que representa menor resolución de imagen y mayor exposición a radiación para el paciente; por el contrario, al registrar una menor área anatómica, el FOV es menor, lo que indica menor radiación y mayor resolución. Por lo tanto, aquellas aplicaciones

que no dependen de altos detalles dan pauta a emplear un FOV mayor (figura 22), en cambio, un FOV más limitado, implica su uso en zonas de menor dimensión, como lo es la identificación de alteraciones dentales (figura 23).^{5,9}

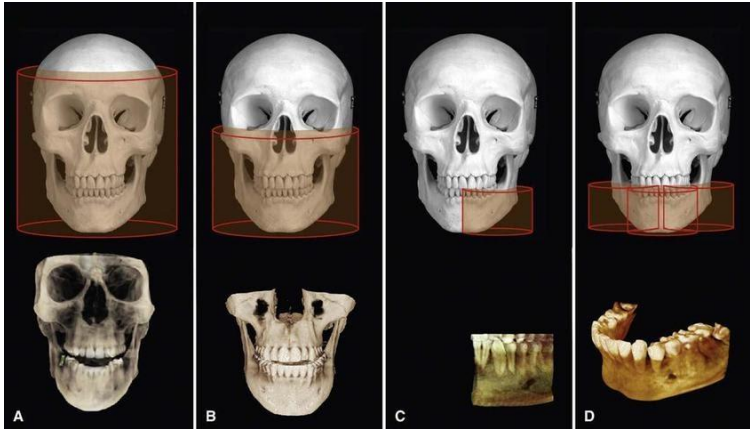


Fig. 22 Selección de tamaños óptimos de CBCT FOV. A FOV largo. B FOV mediano. C, D FOV corto.²²

Con la tomografía computarizada de haz cónico como auxiliar de diagnóstico, es posible obtener un resultado más certero, logrando emplear ésta en las siguientes áreas:

Caries.

La sensibilidad para la detección de caries tanto oclusal, como interproximal, es significativa comparada con la radiografía convencional, siempre y cuando el FOV sea limitado, ya que el registro con FOV mayor, da como resultado una menor sensibilidad para la detección del daño causado en esmalte y dentina por caries. Si bien proporciona una imagen más certera de la lesión cariosa, es poco viable el uso de tomografía computarizada de haz cónico como auxiliar de diagnóstico cotidiano en la práctica profesional; asimismo, la realidad del estado dental del paciente conlleva a poseer estructuras ajenas al tejido dentario, como restauraciones metálicas, que distorsionan las estructuras registradas y evitando así un correcto diagnóstico, por tal motivo, el uso de radiografía convencional no debe ser descartado.^{9,11,12}

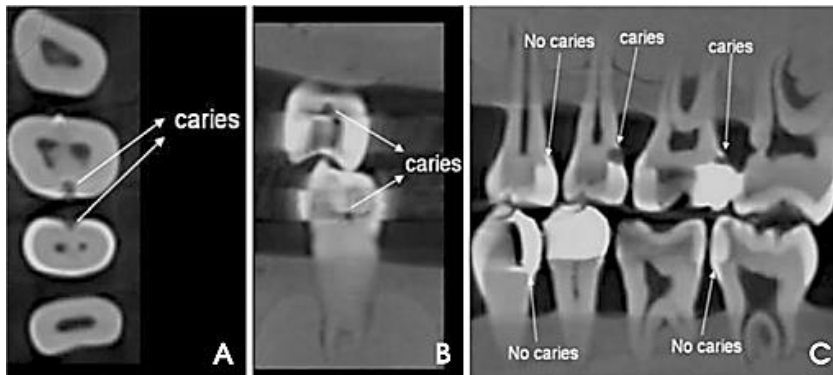


Fig. 23 Imágenes de CBCT que muestran presencia de lesión cariosa. A Plano axial. B Plano coronal, se observa una clara distorsión debido a las restauraciones. C Plano sagital.²³

Ortodoncia.

Permite la evaluación cefalométrica, la medición de estructuras dentales y óseas, estado radicular, incluyendo valoración de vías aéreas, permitiendo realizar un diagnóstico y, por consiguiente, un plan de tratamiento, así como la previsión de los movimientos a realizar (figura 24).^{5,9,12}

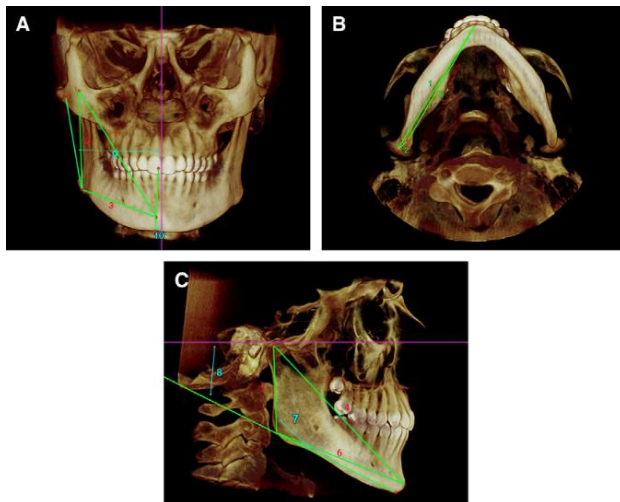


Fig. 24 Trazado cefalométrico mediante CBCT.²⁴

Cirugía.

El uso de CBCT actúa además de auxiliar de diagnóstico, como guía durante la cirugía a realizar, permitiendo prever algunas posibles complicaciones o acercamiento a ciertas estructuras que dificulten el tratamiento a seguir, inclusive un seguimiento post operatorio. Comprende una importante exactitud para evaluar o diagnosticar fracturas, dientes incluidos, patologías dentales y maxilares, terceros molares, piezas supernumerarias, entre otros, minimizando el margen de error y proporcionando un tratamiento con mayor precisión (figura 25).^{5,11,12}

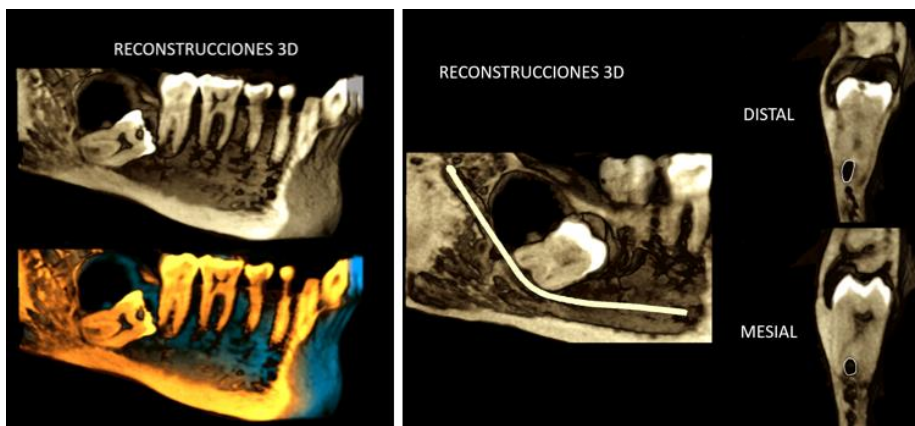


Fig. 25 El CBCT señala la cercanía del tercer molar al nervio dentario inferior.²⁵

Patología oral.

En comparación con la radiografía convencional, el empleo de CBCT proporciona una evaluación con mayor precisión, obteniendo una imagen volumétrica que ofrece mediciones del tamaño y extensión de la lesión, valorando la cercanía y relación con estructuras adyacentes a las que pueda estar perjudicando (figura 26); es posible identificar quistes, tumores óseos y calcificaciones en tejidos blandos, etc.^{5,9,11,12}



Fig. 26 Imagen de CBCT que muestra lesión patológica en mandíbula.²⁶

Implantología.

Permite al profesional evaluar la morfología ósea específica: cantidad de hueso, grosor, dimensión, estructuras anatómicas cercanas, dando lugar a realización de modelos y diseño protésico, posicionando virtualmente el implante, consiguiendo así, una previsualización del resultado a alcanzar (figura 27).^{5,9,11,12}

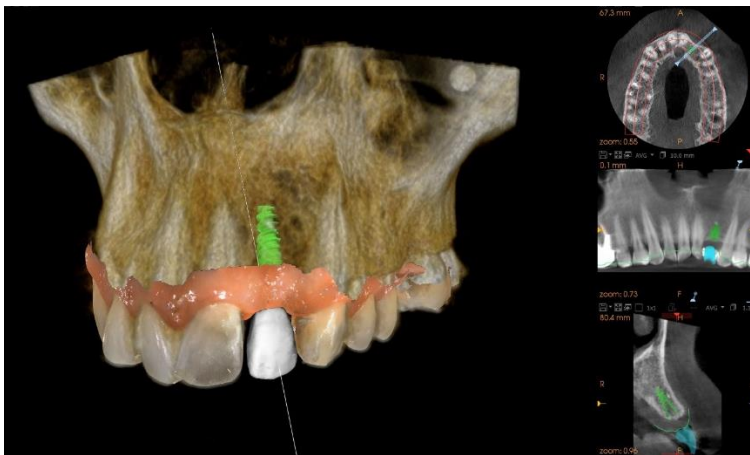


Fig. 27 Se realiza diseño para implante mediante CBCT.²⁷

ATM.

Gracias al CBCT, es posible detectar defectos y alteraciones óseas de la superficie condilar que dan lugar a patologías, así como movimientos articulares, y condiciones que den lugar a problemas mandibulares y de oclusión (figura 28).^{5,9,11,12}

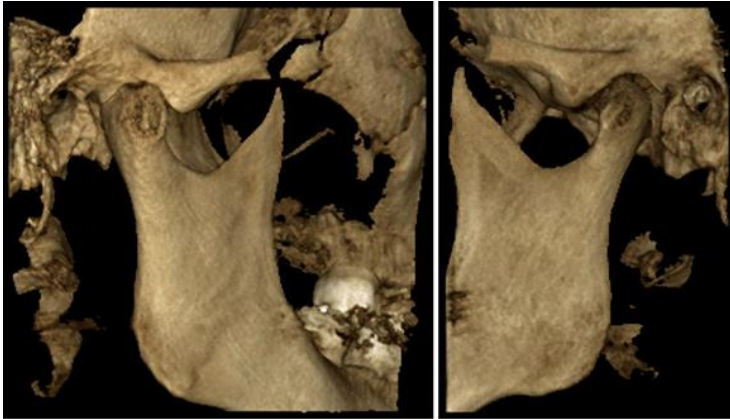


Fig. 28 CBCT de ATM.²⁸

Periodoncia.

Provee gran exactitud para verificar la información volumétrica de soporte óseo, así como defectos periodontales y mediciones de estos (figura 29). Pese a que la toma de CBCT cuenta con mayor exactitud que la radiografía convencional, ambas técnicas se semejan al exponer el nivel de hueso interproximal.^{5,9,11,12}

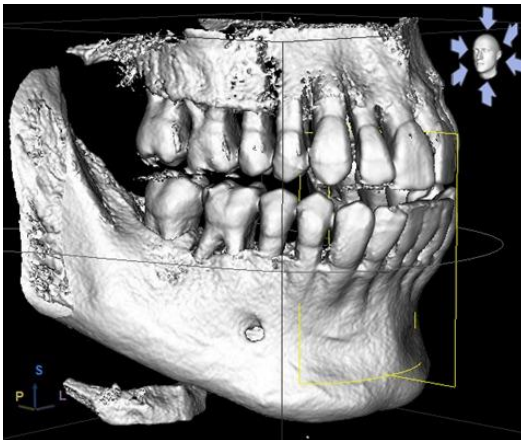


Fig. 29 Pérdida ósea visualizada mediante CBCT.²⁹

Endodoncia.

En el tratamiento endodóntico cotidiano, el uso de radiografía convencional es sumamente práctico para el registro y evaluación de cada procedimiento, sin embargo, no es posible conseguir una imagen completa de la zona requerida, por lo que el CBCT brinda un panorama multiplanar, evitando la superposición de estructuras anatómicas, dando lugar a un diagnóstico y plan de tratamiento más exacto y, por consiguiente, un mejor pronóstico para el paciente.⁹

El uso de CBCT ha mostrado gran efectividad para el diagnóstico de patologías periapicales, ya que aumenta la sensibilidad para detectar la presencia de pequeñas lesiones que en una radiografía convencional aún no pueden ser registradas; la anatomía dental puede llegar a presentar variaciones y/o alteraciones de gran importancia (figura 30), que impliquen un tratamiento de mayor dificultad o la selección entre distintas técnicas, asimismo, posibilita la identificación de procesos de reabsorción radicular interna o externa, traumas dentales, y evaluación pre quirúrgica y post operatoria, es decir, el monitoreo de la evolución del tratamiento realizado.^{5,9,12}

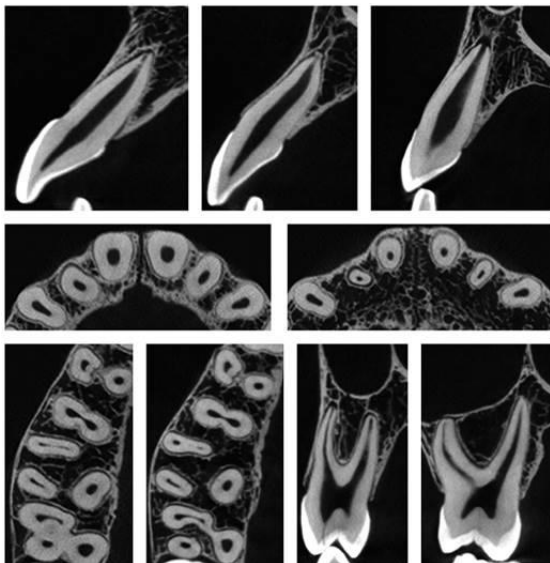


Fig. 30 CBCT de incisivos, caninos, premolares y molares superiores.³⁰

5.4. Descripción de la técnica.

Para lograr conseguir una imagen tridimensional y poder llevar a cabo todo el procedimiento que conlleva un acertado diagnóstico, en primera instancia, se necesitan 556 imágenes digitales de alta resolución, obtenidas mediante un emisor de rayos X y un sensor que, en conjunto, giran alrededor del paciente para evaluar la zona anatómica requerida. Existen tomógrafos computarizados de haz cónico que no permiten una alta resolución según su tamaño de FOV y de unidad cúbica que forma a la imagen tridimensional, es decir el *voxel*; por consiguiente, aquellos que tengan un mayor FOV, no será útil en el área de endodoncia, ya que deteriorarán la calidad de imagen, así como el tamaño del *voxel*, que, teniendo una dimensión de 200 micrones, ocupa 125 por milímetro cúbico. Un corte requerido para endodoncia comúnmente tiene un espesor de 0,5 mm dependiendo del caso, por lo que la calidad dependerá del tamaño del *voxel* y no del tamaño del corte. Por otra parte, dentro de las limitaciones en la técnica, omitiendo la calidad del tomógrafo y su constitución, se encuentra la condición del paciente, por la gran sensibilidad del aparato al movimiento; la duración promedio de exposición a la toma de imagen, es de 17,5 segundos, a pesar de ello, si hay un movimiento por parte del paciente dentro de ese tiempo, la calidad irá decreciendo, lo que llevará a una reproducción de menor eficiencia.⁵

5.4.1. Exactitud de reproducción y resolución del Cone Beam (CBCT).

Las imágenes 2D están constituidas por *pixels*, lo que equivale a *voxels* en las imágenes 3D, siendo el menor elemento de éstas (figura 31). Las dimensiones de cada *voxel* dan lugar a su tamaño (altura, grosor, ancho y profundidad), que a su vez otorga la precisión de las imágenes, definida por *voxels* anisotrópicos o isotrópicos. Los *voxels* anisotrópicos comprenden la tomografía computarizada convencional; presentan distintas dimensiones en cada uno de sus planos, la altura del *voxel* es determinada por el grosor del haz de rayos

X, que precisa el grosor del corte y, por ende, reduce la exactitud de las imágenes en ciertos planos al depender de la distancia entre cada uno de dichos cortes. Por otra parte, el CBCT está conformado por *voxels* isotrópicos, con dimensiones idénticas en sus distintos planos, obteniendo cortes con un grosor similar al grosor de un *voxel* en cualquier plano, alcanzando así, mediciones e imágenes con mayor precisión al requerir una vista tridimensional.^{5,9}

Algunos tratamientos en el área odontológica exigen imágenes con la mayor fidelidad posible, como lo es en endodoncia. Gracias a los *voxels* isotrópicos y su medida promedio de 0,15mm, la toma mediante el tomógrafo volumétrico digital beneficia la resolución de la imagen a obtener, ya que al reconstruir ésta, mediante *voxels*, no afectará la orientación espacial en la que se encuentre la porción de la estructura anatómica plasmada.⁵

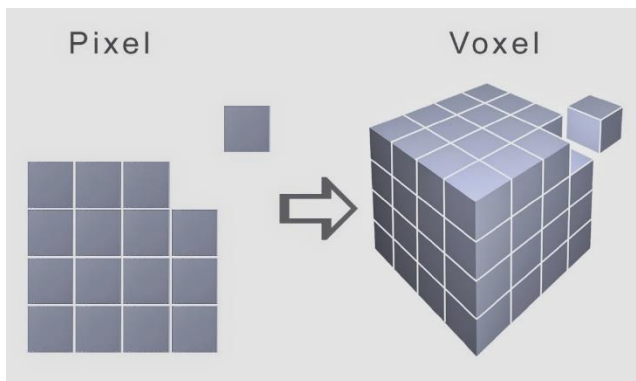


Fig. 31 Diferencia entre *pixel* y *voxel*.³¹

6. Ventajas de la radiografía convencional y Cone Beam (CBCT).

Dosis de radiación: la mínima cantidad de radiación requerida para obtener una imagen se define como dosis efectiva o eficaz, con la cual se puede comprender la cantidad de radiación que es absorbida por los distintos tejidos presentes en el área a evaluar, siendo resultado de la suma de éstas; la dosis efectiva es medida en mSv (mili Sieverts) y en uSv (micro Sieverts).

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) es la encargada de especificar los órganos y tejidos con los que son calculadas estas dosis. Los escáneres CBCT pueden requerir dosis efectivas similares a una radiografía panorámica: 7.4 uSv en incisivos superiores y 6.3 uSv para radiografía panorámica, tomando en cuenta que puede variar dependiendo del equipo y la zona anatómica. Tanto la radiografía convencional como el CBCT, cuentan considerablemente con menor dosis de radiación que la tomografía computarizada convencional, con el equivalente al 20% del total de ésta y a una serie radiográfica.^{5,9,17}

Radiografía convencional.

Abarcando las técnicas de radiografía convencional mencionadas anteriormente, es de suma importancia mencionar las ventajas y/o beneficios que brinda su uso en la odontología. Gracias a los avances tecnológicos dentro de la radiología, es posible el empleo de equipos más económicos, simples y prácticos que facilitan el proceso de toma radiográfica, siempre y cuando la técnica se realice correctamente y sea seleccionada adecuadamente para el caso clínico requerido. Debido a su practicidad, es de gran ayuda para el diagnóstico, plan de tratamiento, indispensable durante éste y para el seguimiento del resultado obtenido, ofreciendo gran percepción de detalle.^{1,3} Un aspecto de gran relevancia para la radiografía convencional, implica la documentación odontológica, constituida por la ficha clínica, modelos de estudio, exámenes efectuados, datos y procedimientos registrados del antes, durante y después, así como toda radiografía realizada al paciente, que, en conjunto, ofrece protección legal al tener un control de cada elemento suscitado a lo largo del tratamiento. Por tal motivo, es de vital importancia el correcto archivamiento de esta documentación, siendo necesario no desecharla y conservarla por un periodo de tiempo, existiendo discrepancia entre la duración, Da Silva et al. sugiere que sea mantenida durante veinte años.^{13,14}

Cone Beam.

Concibe imágenes 3D dinámicas de gran resolución, de modo que no presenta superposición de estructuras anatómicas, permitiendo realizar mediciones y prototipos de tratamientos, contando con una importante precisión de imagen; de igual manera, es posible obtener tomas panorámicas o similares a una radiografía periapical de alta definición, que, a diferencia de éstas, confiere la identificación de patologías que aún no son visibles con otras técnicas. Otra ventaja de gran practicidad es la instalación en computadoras convencionales de los programas que ejecutan la reconstrucción computarizada, sin necesidad de un *Workstation* o equipo especializado, lo que permite al profesional visualizar las imágenes en su propio computador. La reducción de la radiación hace a la CBCT una excelente opción en virtud del FOV, que limita el tamaño del haz de rayos X según la zona a evaluar, evitando la radiación innecesaria, disminuyendo la cantidad de tomas radiográficas y aumentando la calidad de la imagen; para obtener precisión de ésta, la CBCT proporciona *voxels* isotrópicos produciendo una resolución submilimétrica suficientemente precisa para aplicaciones en el área odontológica; para conseguir una buena toma de CBCT, la cooperación del paciente contribuye a un buen manejo de la técnica, ofreciendo mayor comodidad y menor tiempo de exposición, logrando compararse con el periodo de toma de la ortopantomografía, aunado a la mínima invasión del procedimiento, que en ocasiones como traumas, la menor manipulación coadyuva a una toma de mayor eficacia.^{5,9,12,15,16,17} La tabla 1, representa las principales ventajas de la radiografía convencional y Cone Beam.

RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL	CONE BEAM
Bajo costo.	Bajo costo en comparación con la TAC.
Aparatos económicos y simples.	Aparatos de mínima invasión hacia el paciente.
Buena resolución.	Excelente resolución.
Menor dosis de radiación.	Menor dosis de radiación en comparación con la TAC.
Practicidad en la toma durante procedimientos en un tratamiento.	Bajo tiempo de exposición.
Diversas angulaciones que permiten la visualización de más estructuras.	Visualización dinámica de la anatomía sin superposición de estructuras adyacentes.
Constituye parte de la documentación odontológica, beneficiando en procesos legales.	Los programas que ejecutan la reconstrucción computarizada de las imágenes, pueden ser instalados en computadoras convencionales.

Tabla 1. Principales ventajas de Radiografía convencional y Cone Beam.^{5,9,12,15,16,17}

7. Desventajas de la radiografía convencional y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Radiografía convencional.

Debido al procesamiento de la película de radiografía periapical y oclusal, se requiere de mayor tiempo para su adquisición, aumentando el tiempo del tratamiento y la estancia del paciente, además del uso de soluciones químicas

que necesitan un cambio constante para conseguir una imagen de calidad, y un espacio de revelado controlando el tipo de iluminación, respetando el periodo de la película en cada sustancia y la correcta técnica para su toma, de no ser así, las estructuras se visualizarán distorsionadas y es posible proporcionar un diagnóstico o procedimiento incorrecto; abarcando el procesamiento de la película radiográfica, resulta perjudicial el aumento de desperdicios debido a la constante toma, resultante de procedimientos que así lo demandan, exigiendo al profesional no realizar tomas innecesarias. Otra desventaja de relevancia refiere a la imagen bidimensional, que impide ver la zona anatómica en su totalidad, a la vez que las estructuras adyacentes se superponen, imposibilitando la visualización de regiones anatómicas más específicas. Por otro lado, la ortopantomografía sólo brinda un panorama extenso del maxilar y la mandíbula, sin ofrecer detalles de alta resolución y precisión de estructuras específicas, además de requerir de equipo especial, por lo que su costo aumenta.^{1,3}

Cone Beam.

Es importante mencionar que el uso de Cone Beam únicamente debe ser aplicado como complemento a la radiografía convencional y sólo si la información adicional brindada beneficia la toma de decisiones para realizar un diagnóstico y tratamiento adecuado para el paciente; al igual que la ortopantomografía, demanda de equipo especializado por lo que el costo incrementa en comparación con una radiografía convencional. Al momento de la toma de CBCT, se precisa estar inmóvil para una correcta técnica, por lo que no es recomendable su uso en pacientes con dificultades motoras.^{5,12,15}

Limitaciones de CBCT.

Artefacto: a las distorsiones producidas en la imagen, se le denominan artefactos, causadas por la alta densidad de estructuras aledañas, como

postes de metal y restauraciones, resultando en rayas o bandas oscuras, perjudicando la calidad y visualización de la región deseada.^{5,12,15} (Figura 32)

Tejidos blandos: la CBCT no es viable en tejidos blandos, teniendo un bajo contraste en comparación a los tejidos duros.^{5,12}

FOV: al precisar de alta resolución, es factible utilizar un FOV limitado, por lo que no permite registrar un área anatómica extensa; por el contrario, al usar un FOV mayor, comprenderá un área extensa, pero a consecuencia de ello, la calidad y resolución de la imagen decrecerá.^{5,15} Las principales desventajas de la radiografía convencional y de la CBCT, se presentan en la tabla 2.

RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL	CONE BEAM
Tiempo adicional de procesado químico.	No es viable en pacientes con dificultades motoras que impidan la estabilidad corporal.
Mayor cantidad de deshechos.	Limitaciones por presencia de artefactos como postes metálicos y restauraciones.
Imagen bidimensional.	Limitaciones en tejidos blandos.
Superposición de estructuras anatómicas adyacentes.	FOV limitado: no abarca áreas extensas. FOV mayor: disminución de la resolución.
Ortopantomografía: imagen panorámica que no ofrece detalles más precisos.	No es considerado como documento oficial odontológico.
Ortopantomografía: equipo especial que aumenta el costo de la toma.	Equipo especializado que aumenta el costo para su toma.

Tabla 2. Principales desventajas de Radiografía convencional y CBCT.^{1,3,5,12,15}

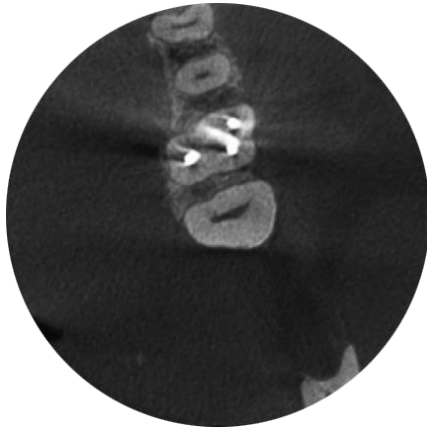


Fig. 32 Artefacto que distorsiona la imagen de CBCT.³²

8. Radiografía convencional y Cone Beam (CBCT) en el manejo de problemas endodónticos.

Las imágenes adquiridas de la zona a tratar son auxiliares que, a la par de una exhaustiva anamnesis, exploración y pruebas endodónticas, complementan un correcto diagnóstico.^{3,5}

En el tratamiento, es esencial el manejo de radiografías antes, durante y después de éste, ya que, con este orden, es posible monitorear e identificar las estructuras anatómicas, patologías, procedimientos, y evolución de estos, precisando de una correcta toma radiográfica, así como su revelado, de lo contrario, un buen pronóstico del tratamiento a realizar disminuye. Una vez contando con las correctas imágenes, es posible alcanzar a diagnosticar alteraciones de tejidos duros dentales y tejidos periapicales y, por consiguiente, su ubicación, dimensiones, y distribución anatómica de la patología, de igual modo, número de raíces y conductos radiculares; con el diagnóstico y el tratamiento a realizar, utilizando radiografías periapicales, es viable calcular longitud de trabajo, localizar conductos con limas dentro de éstos, calcificaciones en pulpa coronal o radicular, adaptación del cono para obturación de conductos, prueba de obturación, así como la ubicación de cuerpos metálicos extraños: postes radiculares, instrumentos o limas

fracturadas (figura 33). Al llevar a cabo una cirugía radicular o periapical, la radiografía concibe una guía para este procedimiento al mostrar la correcta eliminación del tejido o excedentes de material de obturación. Ya que el tratamiento seleccionado ha sido finalizado, debe tener un seguimiento que la radiografía nos revelará, valorando el éxito o fracaso del procedimiento realizado.³



Fig. 33 Radiografía periapical que muestra un instrumento fracturado en el conducto radicular.³³

Para alcanzar la mayor visualización posible del área anatómica, al tener como auxiliar de diagnóstico una imagen bidimensional, es imprescindible disponer de distintas técnicas como complemento en ciertos casos clínicos, por ejemplo, la curvatura o número de conductos, e inclusive, la localización más precisa de patologías. En lo que comprende la radiografía periapical, el cambio de angulaciones en el haz de rayos X confiere diversas vistas que la proyección directa oculta, como la superposición de conductos, colocando el rayo desde un sentido mesial o distal. Por otra parte, el empleo de la radiografía oclusal ofrece una vista desde dicho plano, brindando una perspectiva distinta de la radiografía periapical, aportando la evaluación posicional y dimensional de algunas lesiones periapicales; adicionando otra técnica, la ortopantomografía proporciona un panorama extenso del maxilar y mandíbula, que al igual que la radiografía oclusal, es útil en la valoración de la extensión de ciertas lesiones periapicales. La proyección digital intraoral da

lugar a la radiovisiografía, la cual da acceso a la manipulación de las propiedades de la imagen, controlando el contraste, la intensidad de colores y filtros que, en conjunto, concede las exigencias del tratamiento endodóntico, al detectar por su alta sensibilidad, pequeñas lesiones periapicales, limas de bajo calibre y la precisión de éstas dentro del sistema de conductos o en el ápice radicular.^{1,3} Figura 34.

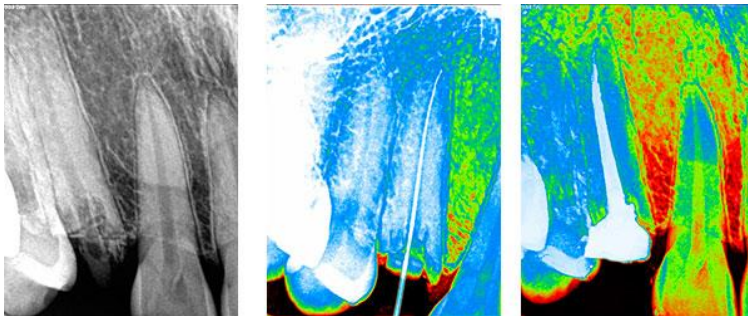


Fig. 34 Tratamiento endodóntico mediante radiovisiógrafo.³⁴

Una vez realizado el examen clínico correctamente, contando con las radiografías convencionales necesarias, se debe determinar si es suficiente la información recabada, o si es imprescindible conseguir información adicional que ayude a formular un diagnóstico y un mejor manejo del problema endodóntico; con esta necesidad, en los últimos años se ha optado por la utilización del Cone Beam, obteniendo imágenes tridimensionales dinámicas, que permiten la evaluación de los tejidos involucrados, disminuyendo también, la superposición de estructuras adyacentes, para el correcto diagnóstico y tratamiento.^{5,9,12,16,17}

Conductos radiculares.

En repetidas circunstancias, las variaciones anatómicas representan un desafío para el profesional, posibilitando el fracaso del tratamiento a realizar. La aplicación del CBCT con un FOV limitado, es ideal para la identificación de número de conductos presentes y apreciación de la anatomía y complejidad del sistema de conductos radiculares (figura 35), con la ventaja de efectuar

mediciones de dichos conductos, que brindan una mayor precisión en el uso de materiales e instrumental.^{5,9, 12,16,17}

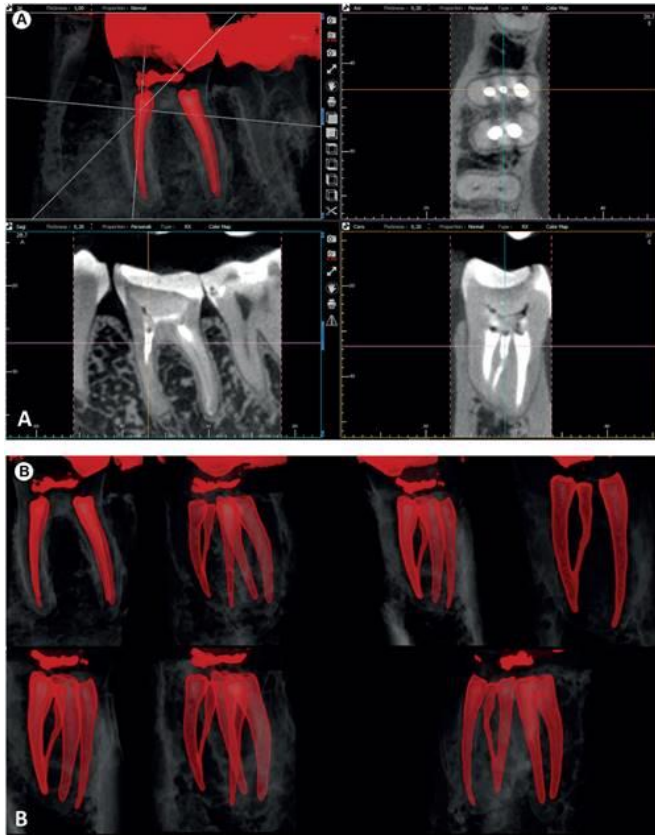


Fig. 35 Imagen de CBCT que muestra información de obturación de conductos en O.D. 36, exponiendo la cantidad de conductos presentes.³⁵

Cirugía endodóntica.

Se recomienda el uso de CBCT para la planificación prequirúrgica, demostrando en las imágenes resultantes, las relaciones anatómicas, la estructura radicular y materiales presentes a considerar, desde cualquier plano clínico deseado.^{5,9,16} Figura 36.



Fig. 36
Evaluación pre
quirúrgica de
quiste asociado
a conducto
lateral.³⁶

Resorción radicular.

Gracias a las imágenes 3D, es factible detectar resorciones tempranas, tanto externas como internas, al igual que su extensión, ubicación exacta y posibles perforaciones (figura 37), facilitando la elección del tratamiento a seguir y, según el caso, mejorando el pronóstico.^{5,9,12,16,17}

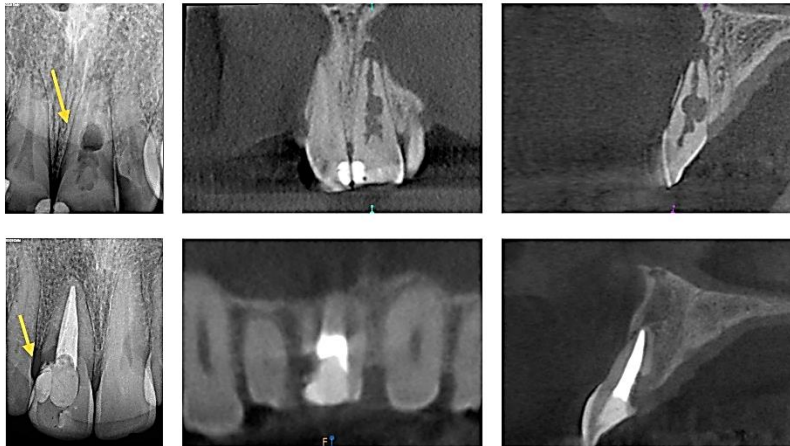


Fig. 37 Imagen
de CBCT que
muestra
resorción
radicular
interna.³⁷

Traumas dentoalveolares.

En ocasiones, la toma de radiografía convencional no es suficiente para detectar ciertos traumas como fracturas, a menos que el haz de rayos X atraviese el plano de la fractura. Con CBCT, aumenta la viabilidad de la evaluación y tratamiento correctos de luxaciones, fracturas radiculares y

alveolares, los cuales pueden presentar dificultades para su valoración, debido a fragmentos desplazados, superposición de estructuras, edema y cuerpos extraños (figura 38). Un factor adicional, con la misma importancia, es la comodidad del paciente, que al utilizar CBCT, como procedimiento menos invasivo, evita la toma constante de radiografías y la manipulación innecesaria del trauma.^{5,9,12,16,17}

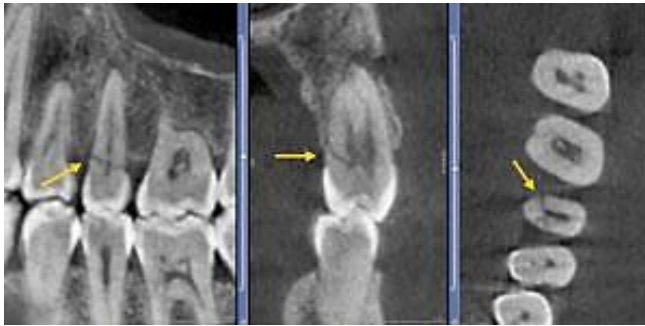


Fig. 38 CBCT de fractura radicular.³⁸

Fracasos y complicaciones.

En el tratamiento endodóntico, se pueden presentar complicaciones como fractura de instrumentos dentro del conducto o perforaciones causadas por el profesional; con el respaldo de imágenes de CBCT, identificar la localización y magnitud de éstos, permite la evaluación para el pronóstico dental y el procedimiento a seguir. Asimismo, la CBCT provee imágenes de un diente con previo tratamiento de conductos que ha fracasado, brindando información como la disposición de conductos, calidad de obturación y conductos no tratados, entre otros, optando por un retratamiento en caso de ser factible (figura 39).^{5,9,12,16,17}

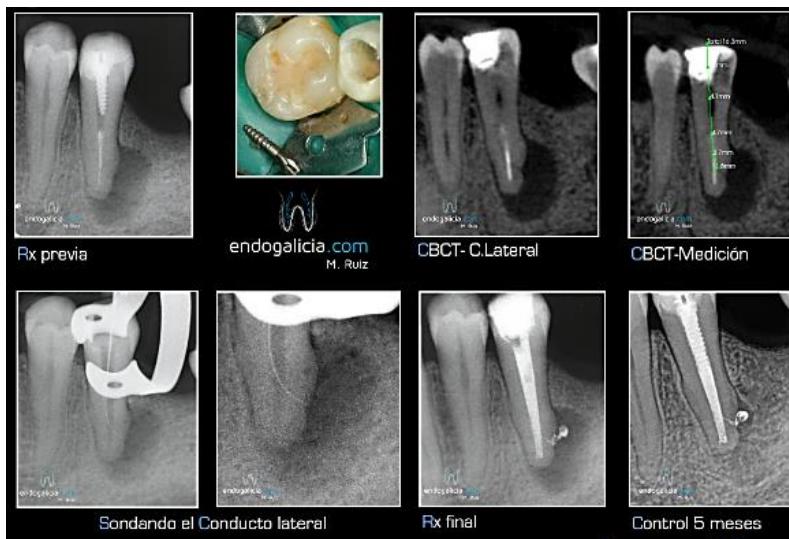


Fig. 39 Conducto lateral no tratado.³⁹

Patologías periapicales.

La alta sensibilidad del Cone Beam, evidencia estados iniciales de patologías periapicales, descartando el ruido anatómico que ciertas zonas pudieran perjudicar para su diagnóstico en una radiografía convencional, así como la confirmación de éste, en caso de signos y/o síntomas contradictorios o no específicos, o si la patosis es de origen odontogénico.^{12,16,17} Figura 40.

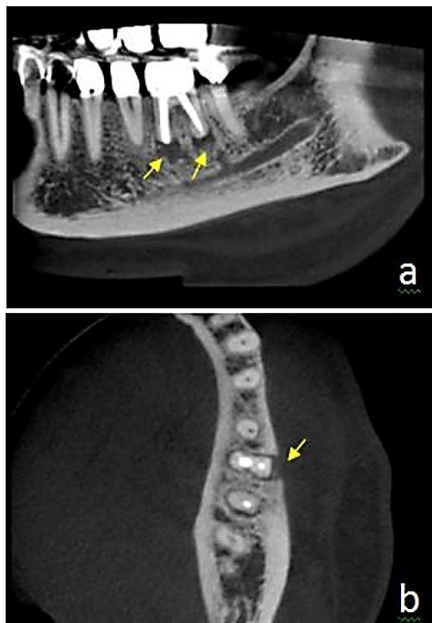


Fig. 40 Lesión periapical expuesta mediante CBCT.⁴⁰

9. Diagnóstico de lesiones periapicales mediante radiografía convencional y tomografía computarizada de haz cónico.

Para llevar a cabo el correcto diagnóstico de una lesión periapical, es de suma importancia realizar una historia clínica, anamnesis, pruebas endodónticas y fundamentalmente, complementarse con exámenes imagenológicos como auxiliares de diagnóstico; generalmente, al presentarse una infección microbiana en el sistema de conductos, ocurre un proceso inflamatorio, el cual conlleva a una reacción de lesión osteolítica perirradicular perjudicial para la salud oral. La información detallada de la presencia, ubicación y dimensión de estas lesiones da lugar al empleo de imágenes radiográficas como un elemento indispensable en la obtención de diagnósticos pre y post operatorios, brindando así, las mejores opciones de tratamiento, al igual que su evaluación. Actualmente, la radiografía periapical es el estándar de referencia para la detección de patosis perirradiculares y su relación con la región anatómica adyacente, no obstante, la radiografía confiere imágenes bidimensionales de estructuras tridimensionales, entre otras limitaciones como la superposición y variación de estructuras anatómicas, densidad ósea, angulación de los rayos X, inclusive contraste radiográfico y, por consiguiente, influye en la interpretación de cambios en las lesiones periapicales, siendo posible la distorsión del diagnóstico. En hueso esponjoso, una lesión pequeña puede ser difícil de detectar a consecuencia de la superposición de la lámina cortical, sin embargo, en ciertos casos puede ser detectada, aunque no haya erosionado la cortical; en ocasiones las lesiones periapicales no pueden ser visualizadas en radiografías periapicales, ya que no existe una radiolucidez, a pesar de ello, no debe ser subestimada ni descartada la presencia destrucción ósea primaria.^{18,19,20,21,22,23,24}

En un estudio de Verbel J. et al.²³ se evaluó el diagnóstico y tratamiento de un quiste periapical en un O.D. 14 con previo tratamiento de conductos, mediante radiografía periapical, logrando observar una zona radiolúcida relacionada con

el material de obturación y evidencia de ensanchamiento periodontal. Se llevó a cabo la cirugía y procedimientos correspondientes, abarcando apicectomía y raspado y alisado del proceso periapical, tomando control radiográfico inmediato al término del tratamiento. Dicha imagen reveló una dimensión mayor de pérdida ósea que no había sido identificada con la radiografía inicial (figura 41), sin embargo, 3 meses después se realizó el control postoperatorio, encontrando ausencia de sintomatología y radiográficamente, reparación con formación de tejido óseo.²³ Figura 42.

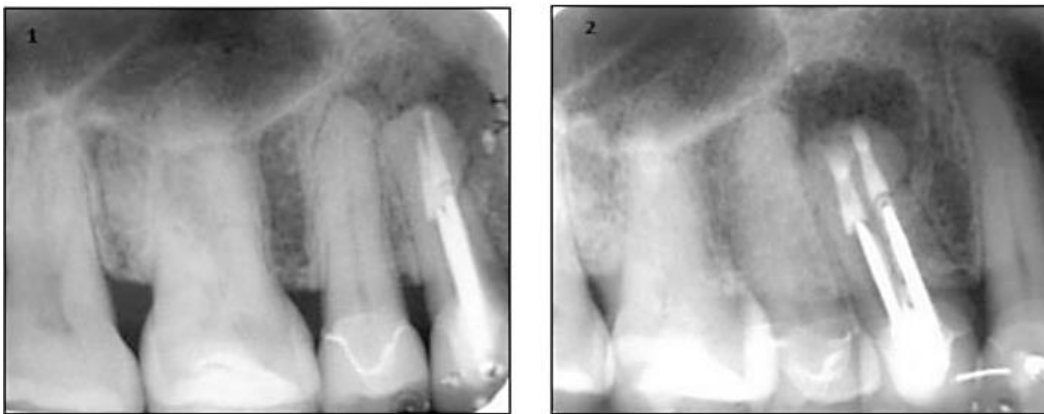


Fig. 41 -1. Radiografía periapical preoperatoria que muestra lesión radiolúcida periapical en O.D. 14. -2. Radiografía post operatoria que muestra la pérdida real de tejido óseo.⁴¹



Fig. 42 Radiografía periapical de control posterior a 3 meses. Se observa reparación ósea.⁴²

Las radiografías periapicales muestran discrepancias y distorsión, sobre todo en la región canina-premolar tanto maxilar como mandibular, debido a la estructura anatómica compleja del esqueleto maxilofacial. Como se observó en el estudio de Verbel J. et al. la imagen radiográfica no representó la dimensión real de la lesión periapical, siendo mayor a la determinada inicialmente en el estudio radiográfico, limitando el diagnóstico y, por consiguiente, el tratamiento. No obstante, es el método más viable a pesar de su margen de error en comparación con otras radiografías como la ortopantomografía, ya que, en conjunto con la sintomatología, experiencia e interpretación radiográfica del profesional, no se vio limitada la obtención del diagnóstico y, por consiguiente, el tratamiento, logrando un pronóstico favorable para el diente afectado, convirtiendo a la radiografía periapical en un método auxiliar de diagnóstico imprescindible para la detección de patosis perirradicular, brindando información de esta zona para su conveniente interpretación.²³

Como se mencionó anteriormente, algunas lesiones periapicales no son detectadas hasta que el hueso cortical adyacente al diente involucrado se ve afectado, siendo necesaria una pérdida de un 30-50% en tejido óseo para que sea visible con métodos radiográficos convencionales. En consecuencia, cuando la información no es concluyente, es posible recurrir a CBCT para detectar en 3D la presencia y características de las mismas lesiones periapicales que las radiografías convencionales no exponen. Para tener un registro y seguimiento de la periodontitis apical como lesión perirradicular, por medio de radiografías periapicales, se determina mediante un índice periapical (*PAI*), cuyo sistema de puntuación se muestra en la tabla 3.^{23,25}

Índice periapical (PAI)
1. Estructuras periapicales normales.
2. Leves cambios en la estructura ósea.
3. Cambios en la estructura ósea y alguna pérdida mineral.
4. Periodontitis apical con área radiolúcida bien definida.
5. Periodontitis apical severa con signos de exacerbación.

Tabla 3. Índice periapical (PAI).²⁵

No obstante, el uso de radiografías periapicales da como posibilidad la obtención de falsos negativos, por lo que fue planteado un nuevo índice de 0-5, basado en CBCT (*CBCTPAI*), adicionando dos nuevas variables: E-expansión de la cortical del hueso y D-destrucción de la cortical del hueso, mostrado en la tabla 4.^{23,25}

Índice periapical de tomografía computarizada de haz cónico (CBCTPAI)
0. Estructura periapical ósea intacta.
1. Diámetro de radiolucidez periapical >0.5-1mm.
2. Diámetro de radiolucidez periapical >1-2mm.
3. Diámetro de radiolucidez periapical >2-4mm.
4. Diámetro de radiolucidez periapical >4-8mm.
5. Diámetro de radiolucidez periapical >8mm.
E. Expansión de la cortical del hueso.
D. Destrucción de la cortical del hueso.

Tabla 4. Índice periapical de tomografía computarizada de haz cónico (CBCTPAI).²⁵

Se reportó que, de 1,014 imágenes evaluadas con *CBCTPAI*, el 39.5% mostró periodontitis apical con el uso de radiografía periapical y, por el contrario, 60.9% con el empleo de CBCT. Para obtener un mayor enfoque, se estableció un *CBCT-PAI modificado*, que consiste en un seguimiento de 2 años; el reporte del *CBCTPAI* indicó mayor precisión clínica en comparación con el *PAI* utilizado con radiografías periapicales, evidenciando una mayor sensibilidad por parte de CBCT para el diagnóstico de lesiones periapicales, demostrando un 38% más de eficacia en dicha detección, que una radiografía convencional.²⁴

Una obtención diagnóstica completa de lesiones periapicales, conlleva a la realización de un estudio histopatológico permitiendo así, la evaluación de la precisión de radiografía periapical en comparación con CBCT. Huamán-Chipana P. et al, refiere un estudio *in vivo* realizado en perros, para el diagnóstico de periodontitis apical, resultando en 71% de precisión para radiografía periapical, 84% para CBCT y 93% con estudio histopatológico, así como la evaluación de la reparación de los mismos tejidos perirradiculares posterior a los 6 meses de tratamiento de conductos, donde CBCT brindó información dimensional más precisa, en cambio, con radiografía periapical no coincidió el tamaño real de las lesiones. Abarcando las lesiones periapicales, se puede encontrar gran similitud radiográfica entre granulomas y quistes; a pesar de la limitación al diagnosticar y diferenciarlos mediante CBCT, es posible distinguir la densidad de una cavidad quística y tejido de granulación gracias a la escala de grises, lo que permite ser una opción al necesitar una mínima invasión, sin embargo, el único método de diagnóstico confiable es el estudio histopatológico.²⁴

Se ha demostrado que el diagnóstico de lesiones periapicales en dientes con previo tratamiento de endodoncia es menor con el empleo de radiografía convencional, aumentando su diagnóstico con CBCT. Del mismo modo, debido al ruido anatómico y disposición estructural, diagnosticar estas patosis

es mayormente complejo en zona de molares, incisivos y caninos superiores, teniendo una íntima relación entre ápices de molares con el piso del seno maxilar (figura 43), como lo demuestra Uraba S. et. al. en su estudio, donde CBCT tuvo una mayor tasa de éxito al enfrentarse a estos obstáculos, cuando la radiografía periapical exponía menos información de alguna lesión, por lo tanto, no se debe pasar por alto las interferencias en estas regiones anatómicas.²⁴



Fig. 43 (A) Radiografía periapical, donde el primer molar superior no muestra cambios en periápice. (B) Corte sagital en CBCT, que muestra radiolucidez periapical en ambas raíces vestibulares. (C) Corte sagital de CBCT que expone ensanchamiento del ligamento periodontal en raíz palatina.⁴³

Por otra parte, la radiología digital intraoral, ha demostrado ser una excelente opción para el diagnóstico en la lesión periapical, con una precisión significativamente mayor a la radiografía periapical, al identificar reabsorción ósea primaria con menor dosis de radiación, así como una menor invasión al requerir de menos tiempo y obtención inmediata de la imagen. Gracias a la capacidad de modificar su contraste, la manipulación a positivo y negativo, el cambio de colores, filtros y resolución puede diferenciar los límites de la patosis

perirradicular con mayor exactitud para el ojo humano. Mazumdar P. et. al, comparó la exactitud de la radiografía convencional, la radiovisiografía y CBCT, para diagnosticar las dimensiones de lesiones patológicas apicales: el sistema digital intraoral obtuvo información más detallada en comparación con la radiografía periapical. A pesar de esto, no superó a CBCT, subestimando el tamaño real, mientras la alta sensibilidad de CBCT presentó medidas más concretas al demostrar que éstas eran de mayor volumen, por consiguiente, el diagnóstico fue más acertado y el plan de tratamiento se adecuó de mejor manera.^{3,26,27}

No obstante, al tener un correcto diagnóstico y realizar el tratamiento de conductos, es probable que este no ofrezca el resultado esperado, por lo que es fundamental tener un seguimiento en un periodo de tiempo para designar o no el éxito del procedimiento realizado, mediante estudios clínicos y radiográficos para la identificación del aumento o nuevas lesiones periapicales post tratamiento endodóntico, debido a que la periodontitis apical crónica puede carecer de sintomatología. Generalmente, el seguimiento imagenológico se efectúa mediante radiografía periapical, exponiendo tasas de éxito desde el 28%, hasta un 83%. Debido a las limitaciones bidimensionales de la radiografía convencional, es discutible la validación de los resultados, conduciendo a la ejecución de estudios de investigación por medio de CBCT que comprueben la presencia o ausencia de lesión periapical. Los estudios de tratamientos endodónticos y conductos radiculares obturados comparan CBCT y radiografías periapicales, detectando patosis periapical con CBCT entre 20 y 35% más que las radiografías convencionales (figura 44). Davies A. et. al, comprobaron la exactitud de CBCT contra radiografía periapical digital, al evaluar imágenes de 98 dientes *in vivo* que presentaban tratamiento endodóntico, después de 12 meses de la finalización del procedimiento, así como sus respectivas imágenes pretratamiento. Para identificar patosis, se definió una lesión apical como “una radiolucidez

asociada con el ápice radiográfico del diente que tenía al menos el doble del ancho del ligamento periodontal” (Davies A. et al.)²² Los parámetros para la identificación de lesión se muestran en la tabla 5.^{22,24}

Parámetros para identificación de lesión periapical.
1. Nueva radiolucidez periapical.
2. Radiolucidez periapical agrandada.
3. Radiolucidez periapical sin cambios.
4. Radiolucidez periapical reducida.
5. Radiolucidez periapical resuelta.
6. Sin radiolucidez antes o después de tratamiento.

Tabla 5. Parámetros para identificación de lesión periapical.²²

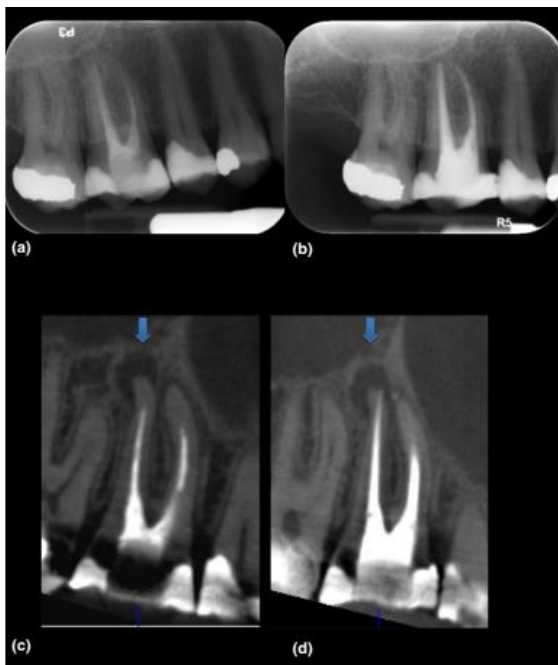


Fig. 44 Se muestran imágenes de primer molar superior que seguía con sintomatología post operatoria a 1 año de la terapéutica endodóntica. (a y b) Las radiografías periapicales no exponen lesión periapical. (c y d) Las imágenes sagitales de CBCT, muestran lesión periapical que no cambió en 1 año, requiriendo cirugía endodóntica.⁴⁴

Como resultado se obtuvo 93% de éxito, cuando se exploró con radiografía periapical digital y, por el contrario, 77% de éxito al evaluarse con CBCT; debido a la importante precisión de CBCT para identificar dichas lesiones, los

pacientes tuvieron la oportunidad de tener un tratamiento para mejorar su condición, en cambio, con las imágenes radiográficas digitales, pacientes fueron dados de alta con la posible omisión de una lesión periapical. Como se mostró en el estudio ya mencionado, existen factores que pueden conducir al fracaso endodóntico, ya sea por la resistencia bacteriana y una infección persistente o inclusive por un manejo erróneo del tratamiento, que conlleva a nuevas lesiones o radiotransparencias que el profesional debe identificar; gracias a la imagenología utilizada, se lograron diagnosticar lesiones perirradiculares que no habrían sido posibles de identificar únicamente con la exploración y sintomatología clínica. No obstante, CBCT no es un auxiliar de diagnóstico de rutina, siendo este empleado en dicha investigación para su estudio, por lo que el empleo de radiografías periapicales y digitales es mayormente recomendable, ya que no ofrecen diferencias significativas entre sí, para la detección de lesión periapical. En desventaja, al sacar una radiografía periapical convencional o digital, la angulación difiere entre tomas, teniendo como consecuencia la distorsión u omisión de algunas resorciones óseas periapicales. CBCT ofrece mayor precisión permitiendo una comparación pre y post operatoria directamente multiplanar, llevando un mejor control de casos clínicos, exigiendo un seguimiento clínico e imagenológico durante al menos 1 año.^{3,22}

Del mismo modo, al ser de suma importancia el control y seguimiento del tratamiento de endodoncia, se debe de mantener al mínimo la exposición del paciente a la radiación. Si la radiografía convencional no brinda la información suficiente, es viable recurrir a imágenes CBCT, pero es de tomar en cuenta que no es un examen de rutina por lo que su uso debe ser moderado, al proporcionar mayor dosis de radiación que una radiografía periapical, alterando la toma de decisiones en la terapéutica endodóntica. Aunque CBCT tiene mayor precisión para el diagnóstico de lesiones perirradiculares y su respectiva cicatrización, pueden resultar en únicamente tejido de reparación e

inexistencia de inflamación, por ende, es necesario determinar si el uso de CBCT influye sobre la radiografía convencional en el diagnóstico, para brindar una mayor precisión y así, un tratamiento adecuado. Chogle S. et. al, comprobó en su estudio, que el diagnóstico para periodontitis apical asintomática aumentó su precisión con la toma de CBCT, por lo tanto, existe una mejoría en el diagnóstico de lesiones periapicales asintomáticas, independientemente de su tamaño, que con la toma de radiografía periapical no es posible conseguir, influyendo en la toma de decisiones para el tratamiento a elegir (figura 45). Las siguientes son recomendaciones para CBCT brindadas por la Asociación Estadounidense de Endodoncistas y la Academia Estadounidense de Radiología Oral y Maxilofacial (AAE/AAOMR), que se muestran en la tabla 6.^{20,21}

Guía para el uso de CBCT por AAE/AAOMR
Diagnóstico de signos y síntomas contradictorios.
Morfología compleja/anomalía dental.
Identificación y localización de conductos calcificados.
Detección de fractura radicular vertical.
Localización/tamaño de lesión/lesión que no cicatriza.
Retratamiento no quirúrgico.
Planificación de tratamiento post quirúrgico.
Trauma
Resorción radicular interna/externa.

Tabla 6. Guía para el uso de CBCT por AAE/AAOMR.²¹

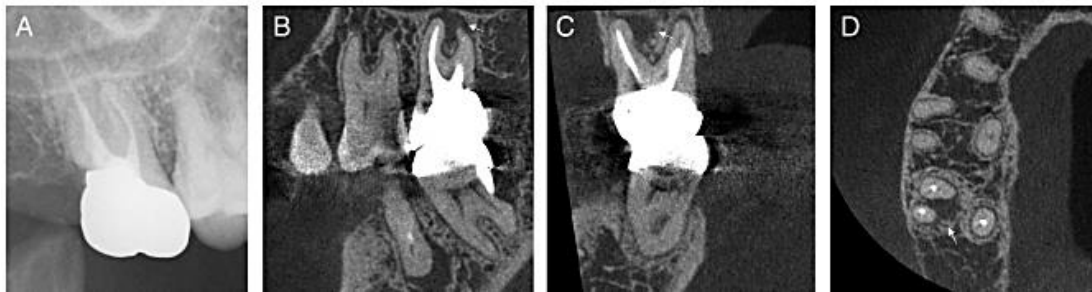


Fig. 45 (A) Radiografía periapical de segundo molar superior, que no evidencia lesión periapical. El corte coronal (B), (C) sagital y (D) axial de CBCT, evidenció presencia de lesión periapical entre raíces mesiovestibular y distobucal.⁴⁵

Cabe mencionar, que CBCT es recomendada en mayor medida para el seguimiento del tratamiento y la persistencia de lesiones periapicales, así como la presencia de nuevas patosis y no como auxiliar de diagnóstico habitual, por la radiación que emite, el costo y el tiempo y equipo requeridos. Finalmente, seguir las recomendaciones para el uso de la técnica, brindará al profesional el criterio para identificar la necesidad de información adicional que aporte una diferencia en el resultado final que, en consecuencia, implica radiar al paciente. A pesar de requerir de una menor dosis de radiación efectiva que la TAC, CBCT es comparable con una ortopantomografía, equivalente a 6.3 Sv y, a su vez, a 2 radiografías periapicales, por lo que al proporcionar un FOV limitado, la radiación disminuirá. CBCT es considerada como un complemento a la radiografía convencional, ya que la radiografía periapical es la técnica de primera elección para el diagnóstico de lesiones periapicales, por lo que se debe examinar el beneficio que cada una ofrece al profesional y al paciente.^{18,21,24}

10. Conclusiones.

CBCT presenta gran ventaja sobre la radiografía convencional, al brindar una visualización multiplanar, ausencia de ruido anatómico, gran resolución, mínima invasión hacia el paciente y excelente precisión para identificar la dimensión y ubicación de lesiones periapicales, lo que la convierte en un auxiliar de diagnóstico de suma confianza. No obstante, a pesar de ser una imagen bidimensional, la radiografía convencional es considerada el método auxiliar de rutina para el diagnóstico periapical, ya que proporciona menor radiación en comparación con CBCT e información detallada de la zona perirradicular; CBCT muestra mayor sensibilidad en comparación con radiografías convencionales en el diagnóstico de lesiones periapicales, por lo que el profesional tiene la responsabilidad de analizar si el caso clínico a evaluar, requerirá de CBCT como complemento diagnóstico al diferir signos clínicos y síntomas o la imposibilidad de la detección de lesión periapical debido a la complejidad de la región anatómica.

11. Referencias.

1. Iannucci J M, Howerton L. Radiografía dental: principios y técnicas. 4ª ed. Amocla: 2013.
2. García M. Aporte de la radiología en el diagnóstico de lesiones odontológicas. Rev Act Clin. 2013; 38: 1846-1850.
3. Méndez C, Ordoñez A. Radiología en la endodoncia: su aplicación antes, durante y después del tratamiento. Odontología actual. 2008 May;6(61): 24-33.
4. Gomez C, Leonelli M, Coutinho L, Moraes L, Medici E, Melo J. Confiabilidad de dos aparatos digitales en relación a la veracidad de las mediciones. Acta odontológica venezolana. 2007; 45(1): 1-5.
5. Ronda N. Revisión bibliográfica: aplicaciones de la TAC en endodoncia. EJER. 2012 Oct;11(2): 635-662.
6. Gálvez M. Algunos hitos históricos en el desarrollo del diagnóstico médico por imágenes. Rev Med Clin. 2013;24(1): 5-13.
7. Navamani T M, Bharadwaj A, Agrawal R, Agrawal U. Secure transmission of DICOM images by comparing different cryptographic algorithms. Materials today: proceedings. 2019;15: A1-A11.
8. Universidad de Deusto. Grupo PAS. Estándar y protocolo de imágenes médicas DICOM. PAS. <http://www.pas.deusto.es> 1-17
9. Lenguas A, Ortega R, Samara G, López M. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. Cient dent. 2010 Agosto;7(2): 147-159.
10. Scarfe W, Farman A, Sukovic P. Clinical applications of Cone-Beam Computed Tomography in dental practice. J Can Dent Assoc. 2006; 72(1): 75-80.
11. Park Y, Ahn J, Kwon H, Lee S. Current status of dental caries diagnosis using cone beam computed tomography. ISD. 2011; 41: 43-45.

12. Venkatesh E, Elluru SV. Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2017; 51(3Suppl1): S102-S121.
13. Da Silva R, De la Cruz, Daruge Jr. E, Daruge E, Francesquini Jr. L. La importancia de la documentación odontológica en la identificación humana. *Acta Odontológica Venezolana*. 2005; 43(2).
14. Ciocca L. Radiología en Odontología Legal. *Anuario sociedad de radiología oral y maxilo facial de Chile*. 2004; 7(1): 10-12.
15. De Lima M. ENDODONCIA Ciencia y tecnología Tomo 1. Ed. Año 2016. Venezuela: Editorial Amocla, 2016. Pp. 177-179, 186-189,
16. Oviedo P, Hernández J. Tomografía computarizada Cone Beam en endodoncia. *Rev Estomatol Herediana*. 2012; 22(1): 59-64.
17. Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, Lemberg K. European Society of Endodontology position statement: The use of CBCT in Endodontics. *International Endodontic Journal*. 2014; 47: 502-504.
18. De Lima M. ENDODONCIA Ciencia y tecnología Tomo 1. Ed. Año 2016. Venezuela: Editorial Amocla, 2016. Pp. 74-81, 186-189.
19. Aminoshariae A, James C, Syed A. Cone-beam Computed Tomography Compared with Intraoral Radiographic Lesions in Endodontic Outcome Studies: a Systematic Review. *JOE*. 2018 November; 44(11): 1626-1631.
20. Uraba S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of cone-beam computed tomography to detect periapical lesions that were not detected by periapical radiography: a retrospective assessment according to tooth group. *JOE*. 2016 August; 42(8): 1186-1190.
21. Chogle S, Zuaitar M, Sarkis R, Saadoun M, Mecham A, Zhao Y. The recommendation of cone-beam computed tomography and its effect on endodontic diagnosis and treatment planning. *JOE*. 2020 February; 46(2): 162-168.

22. Davies A, Patel S, Foschi F, Andiappan M, Mitchell P.J, Mannocci F. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth – part 2: a year post-treatment follow-up. *International Endodontic Journal*. 2016; 49: 623-635.
23. Verbel J, Ramos J, Díaz A. Radiografía periapical como herramienta en el diagnóstico y tratamiento de quiste periapical. *Av. Odontoestomatol*. 2015; 31(1): 25-29.
24. Huamán-Chiapana P, Cortés-Sylvester M. F, Hernández M. Evaluación de lesiones periapicales de origen endodóntico mediante tomografía computada Cone beam. *Ciencias Clínicas*. 2015; 16(1): 5-11.
25. Jiménez A, Segura J. Valoración clínica y radiológica del estado periapical: registros e índices periapicales. *ENDODONCIA*. 2003 Oct-Dic; 21(4): 220-228.
26. Mazumdar P, Kumar U, Bhattacharyya S. Comparative role of conventional radiography, radiovisiography and cone beam tomography on 'dimension determination' of persistent periapical radiolucency in relation to treatment planning. *IJIAS*. 2015 Jan; 10(1): 1-7.
27. Barbieri G, Flores J, Escribano M, Discepoli N. Actualización en radiología dental. Radiología convencional vs digital. *Av. Odontoestomatol*. 2006; 22(2): 131-139.

12. Figuras.

1. TeldeActualidad.

https://www.teldeactualidad.com/fotogaleria/sec_/calles/657/4914.html.

2. Busch U. Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos x y la creación de una nueva profesión médica. Rev Argent Radiol. Publicación periódica en línea, 2016, octubre, hallado en:

https://www.google.com.mx/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.elsevier.es%2Fes-revista-revista-argentina-radiologia-383-articulo-wilhelm-conrad-roentgen-el-descubrimiento-S0048761916301545&psig=AOvVaw3ibctTMPE_ntARKI8TBkia&ust=1601072302414000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCKClSr3pguwCFQAAAAAdAAAAABAS.

3. Dávila J. E. Cambios anatómicos intrafracción en región pélvica masculina, analizado a través de imágenes con tomografía de haz cónico. ResearchGate. Hallado en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-42-Inventores-de-CT-de-rayos-X-Godfrey-N-Hounsfield-a-y-Allan-MCormack-b_fig15_326255273.

4. Vintimilla V. Artículo científico radiología digital. Nueva Era. Hallado en: <http://nuevaera5.blogspot.com/2015/10/tarea-2-valeria-vintimilla-articulo.html>.

5. Radiología digital. Radiología Digital Soluciones de Imagenología. Hallado en: <http://www.rxdigitalschick.com/vm-store/pagination-testarea/19--3rd-pattern-child-1-P>.

6. García N. Guía paso a paso para tomar una correcta radiografía oclusal. cdi Dr. Hugo Aguayo Olivares. Hallado en: <https://aguayo.jimdo.com/2017/01/12/qu%C3%ADa-paso-a-paso-para-tomar-periapicales-correctamente/>.

7. Daza L. Protocolo garantía de la calidad de la imagen. Universidad Nacional de Colombia. Hallado en: http://www.odontologia.unal.edu.co/docs/habilitacion/prot_garantia_calidad_imagen_abril_2013.pdf.
8. Daza L. Protocolo garantía de la calidad de la imagen. Universidad Nacional de Colombia. Hallado en: http://www.odontologia.unal.edu.co/docs/habilitacion/prot_garantia_calidad_imagen_abril_2013.pdf.
9. Rivas R. Unidad 5: diagnóstico en endodoncia 4a. Sección: Radiovisiografía. FES Iztacala-UNAM. Hallado en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas5Diagnostico/vissistemas.html>.
10. Rivas R. Unidad 5: diagnóstico en endodoncia 4a. Sección: Radiovisiografía. FES Iztacala-UNAM. Hallado en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas5Diagnostico/vissistemas.html>.
11. Escáner-TAC. Sanasalud Red Médica, dental y dermoestética. Hallado en: <https://www.sanasalud.cl/escaner-tac/>.
12. Centro TAC: Radiología 2D/3D. Clínica ValleDental. Hallado en: <https://valledental.com/centro-tac/#prettyPhoto>.
13. Corbo D. Tomografía Axial Computada. Núcleo de Ingeniería Biomédica. Hallado en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Corbo.pdf>.
14. Corbo D. Tomografía Axial Computada. Núcleo de Ingeniería Biomédica. Hallado en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Corbo.pdf>.

15. Landrove M. Determinación in vitro del Índice de Conformidad para la Evaluación de Planes de Tratamiento 3D en Radiocirugía Estereotáctica Intracraneal. ResearchGate. Hallado en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-214-Generaciones-representativas-de-la-evolucion-de-la-tomografia-a-tomografo_fig21_225081528.
16. Hurtado R. Tomografía espiral multicorte. slideshare. Hallado en: <https://es.slideshare.net/pedro091224/tomografia-espiral-multicorte>.
17. Espitia O, Mejía Y, Arguello H. Tomografía computarizada: proceso de adquisición, tecnología y estado actual. Revista UD. Hallado en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/10088/11409>.
18. Gonzaga J. Tomografía computarizada helicoidal. Módulo Intensivo De Técnica Radiológica 1 Guanacaste-blogger. Hallado en: <http://grupo4tecn1.blogspot.com/2012/08/latomografia-helicoidal-o-espiral-se.html>.
19. Giraldo D, Marin L. Historia de la tomografía. Sutori. Hallado en: <https://www.sutori.com/story/historia-de-la-tomografia--k9qX1t1g5cdT4yRvj78WhpZQ>.
20. A. Raising the bar for excellence. Equipo dental de radiología digital avanzada, SA de CV. Hallado en: <http://www.radiologiadentaldigital.mx/producto/equipo-de-rayos-x-panoramico-digital-3d-premium-cone-beam/>. B. Cone Beam TAC para el estudio de patologías de la cavidad bucal y maxilofaciales. Gaceta Dental. Hallado en: <https://gacetadental.com/2009/02/cone-beam-tac-para-el-estudio-de-patologas-de-la-cavidad-bucal-y-maxilofaciales-31972/>.

21. Lenguas A, Ortega R, Samara G, López M. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. Clínica Ortoface. Hallado en: <http://ortoface.com/wp-content/uploads/2016/12/Tomografi%CC%81a-computerizada-de-haz-co%CC%81nico.-Aplicaciones-cli%CC%81nicas-en-odontologi%CC%81a-comparacio%CC%81n-con-otras-te%CC%81nicas.pdf>.
22. Yavuz I, Fahlevi M, Kiswanjaya B. La posible usabilidad de la tomografía dental computerizada de haz cónico tridimensional en la investigación dental. ResearchGate. Hallado en: https://www.researchgate.net/figure/Some-FOV-types-Only-limited-certain-areas-receive-radiation_fig2_319388203.
23. Charuakkra A, Prapayasatok S, Janhom A, Mahasantipiya P. Diagnostic performance of cone-beam computed tomography on detection of mechanically-created artificial secondary caries. ResearchGate. Hallado en: https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-CBCT-images-demonstrates-either-secondary-caries-present-or-absent-Axial_fig2_221736175.
24. Piña M. Trazado cefalométrico 2D vs 3D. cdi Dr. Hugo Aguayo Olivares. Hallado en: <https://aguayo.jimdo.com/2018/12/12/trazado-cefalom%C3%A9trico-2d-vs-3d/>.
25. Agurto A. Relación del conducto dentario con pieza impactada por quiste. Imágenes Digitales: casos de estudios. Hallado en: <https://www.imagenesdigitales.com.do/Casos/Details/2>.
26. Tatli U, Evlice B. Cone-Beam Computed Tomography for Oral and Maxillofacial Imaging. IntechOpen. Hallado en: <https://www.intechopen.com/books/computed-tomography-advanced-applications/cone-beam-computed-tomography-for-oral-and-maxillofacial-imaging>.

27. New workflow from carestream dental improves confidence in placing implants. Oral Health Group. Hallado en: <https://www.oralhealthgroup.com/products/new-workflow-carestream-dental-improves-confidence-placing-implants/>.
28. TAC de ATM (CBCT). Radiología Dental Las Palmas. Hallado en: <https://radiologiadentallaspalmas.com/services/escaner-atm/>.
29. Stroble R. The CBCT view: images can greatly impact dental hygiene education. Today's RDH. Hallado en: <https://www.todaysrdh.com/the-cbct-view-images-can-greatly-impact-dental-hygiene-education/>.
30. Estrela C, Bueno M, Couto G, Rabelo L, Alencar A, Silva R, Pécora J, Sousa-Neto M. Estudio de la anatomía del conducto radicular en dientes permanentes humanos en una subpoblación de la región central de Brasil mediante tomografía computarizada de haz cónico - Parte 1. SciELO. Hallado en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-64402015000500530.
31. Perán L. Qué es voxel y el voxel art. Voxel art – blogger. Hallado en: <http://voxelart.blogspot.com/2014/04/que-es-voxel-y-el-voxel-art.html>.
32. Eliminación de artefactos metálicos de imágenes CBCT. Planmeca. Hallado en: <https://www.planmeca.com/es/procesamiento-de-imagenes/3d-imaging/planmeca-ara/>.
33. Valencia O. Incisivo calcificado con lima rota. Endozaragoza Endodoncista con Microscopio. Hallado en: <https://www.endozaragoza.com/post/incisivo-calcificado-con-lima-rota>.
34. Endodoncia. MUNIDENT. Hallado en: <https://www.munident.com/endodoncia>.

35. Estrela C. Development of a New Cone-Beam Computed Tomography Software for Endodontic Diagnosis. ResearchGate. Hallado en: https://www.researchgate.net/figure/A-B-The-e-Vol-DX-CBCT-images-showing-tooth-36-with-detailed-information-about-root_fig3_329405764.
36. Díaz L, García G, Vigo C. Caso N°524: Quiste radicular lateral asociado a conducto accesorio. cdi Dr. Hugo Aguayo Olivares. Hallado en: <https://aguayo.jimdo.com/2014/08/30/caso-n-524-quiste-radicular-lateral-asociado-a-conducto-accesorio/>.
37. Esteve G. CBCT en endodoncia. Aula Dental Avanzada. Hallado en: <https://auladentalavanzada.com/cbct-en-endodoncia/>.
38. Esteve G. CBCT en endodoncia. Aula Dental Avanzada. Hallado en: <https://auladentalavanzada.com/cbct-en-endodoncia/>.
39. Ruiz M. Sondando un conducto lateral. Endogalicia. Hallado en: <https://endogalicia.com/sondando-un-conducto-lateral/>.
40. Gusiyska A. Cone Beam Computed Tomography in the diagnosis of chronic apical periodontitis and clinical decisions: a review. Semantic Scholar. Hallado en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cone-Beam-Computed-Tomography-in-the-Diagnosis-of-%3A-Gusiyska/64b45f3845d8359ecaad7caccc4660b77db1f4a4/figure/5>.
41. Verbel J, Ramos J, Díaz A. Radiografía periapical como herramienta en el diagnóstico y tratamiento de quiste periapical. Av. Odontoestomatol. 2015; 31(1): 25-29.
42. Verbel J, Ramos J, Díaz A. Radiografía periapical como herramienta en el diagnóstico y tratamiento de quiste periapical. Av. Odontoestomatol. 2015; 31(1): 25-29.
43. Chogle S, Zuaitar M, Sarkis R, Saadoun M, Mecham A, Zhao Y. The recommendation of cone-beam computed tomography and its effect on

endodontic diagnosis and treatment planning. JOE. 2020 February; 46(2): 162-168.

44. Davies A, Patel S, Foschi F, Andiappan M, Mitchell P.J, Mannocci F. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in edodontically retreated teeth – part 2: a year post-treatment follow-up. International Endodontic Journal. 2016; 49: 623-635.

45. Uraba S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of cone-beam computed tomography to detect periapical lesions that were not detected by periapical radiography: a retrospective assessment according to tooth group. JOE. 2016 August; 42(8): 1186-1190.