



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**TOMOGRAFÍA CONE-BEAM UNA HERRAMIENTA EFICAZ  
PARA EL DIAGNÓSTICO EN ORTODONCIA.**

**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:

LIZETTE MACEDO GALLEGOS

TUTORA: Esp. MARÍA ALICIA VALENTI GONZÁLEZ

MÉXICO, D.F.

2011



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

A Dios;

Por haberme permitido

llegar hasta aquí;

porque contigo todo lo puedo

y sin ti nada soy.

A mis padres;

Que con su amor, comprensión,

apoyo e incansable lucha

he logrado llegar a donde estoy,

y hoy soy quien soy.

A mis profesores, seres queridos y amigos;

Que con su guía,

apoyo moral incondicional y

cariño me lograron alentar

para alcanzar mi meta.



---

## ÍNDICE

Introducción.....	9
<b>CAPÍTULO I</b>	
¿Qué es la Tomografía?.....	11
<b>CAPÍTULO II</b>	
Marco Histórico.....	13
2.1 Evolución de la Tomografía Computarizada.....	16
2.1.1 Tomografía Convencional Computarizada.....	18
2.1.2 Tomografía Fan-Beam.....	21
2.1.3 Tomografía Cone-Beam.....	22
<b>CAPÍTULO III</b>	
Componentes de un aparato de Tomografía Cone-Beam.....	26
3.1 Sistema de obtención de datos.....	26
3.2 Sistema de procesamiento de datos.....	27
3.3 Sistema de visualización y de almacenamiento de datos.....	28
<b>CAPÍTULO IV</b>	
Importancia y aplicaciones de la Tomografía Cone-Beam en Ortodoncia.....	29
<b>CAPÍTULO V</b>	
Ventajas y desventajas de la Tomografía Cone-Beam.....	33
<b>CAPÍTULO VI</b>	
Cefalometría tridimensional.....	38

---

6.1 Mediciones lineales.....	40
6.2 Mediciones angulares.....	41
6.3 Mediciones ortogonales.....	41
6.4 Mediciones de correlación proporcional.....	41

## **CAPÍTULO VII**

Tomografía Cone-Beam versus los estudios radiológicos convencionales en Ortodoncia.....	42
7.1 Ortopantomografía versus Tomografía Cone-Beam.....	42
7.2 Radiografía Lateral de Cráneo Convencional versus Tomografía Cone-Beam.....	43
7.3 Radiografía Postero Anterior versus Tomografía Cone-Beam.....	46
7.4 Tomografía Computarizada Convencional versus Tomografía Cone-Beam.....	46

## **CAPÍTULO VIII**

Cone-Beam y la estereolitografía como herramienta en el diagnóstico en Ortodoncia.....	48
--	----

## **CAPÍTULO IX**

Objetivo General.....	52
9.1 Objetivos específicos.....	52

## **CAPÍTULO X**

Conclusiones.....	53
-------------------	----

## **CAPÍTULO XI**

Discusión.....	54
----------------	----



---

## CAPÍTULO XII

Fuentes de Información.....	56
-----------------------------	----

---

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Tomógrafo.....	12
Figura 2. Allen McLeod Cormack.....	13
Figura 3. Sir Godfrey Hounsfield y el primer equipo de Tomografía Computarizada.....	14
Figura 4. Tomografía que muestra artefactos que distorsionan la imagen debido a las obturaciones con amalgamas	17
Figura 5. Diagrama del movimiento helicoidal en una Tomografía en espiral .....	20
Figura 6. Corte de la Tomografía Fan-Beam.....	22
Figura 7. Corte de la Tomografía Cone-Beam.....	23
Figura 8. Visualización de los planos en una Tomografía en 3D .....	24
Figura 9. Reconstrucción tridimensional de un odontoma.....	29
Figura 10. Puntos de referencia cefalométricos en una imagen tridimensional.....	30
Figura 11. Reconstrucción tridimensional de caninos impactados .....	31
Figura 12. Reconstrucción en tercera dimensión de un cóndilo bífido.....	32
Figura 13. Visualización ósea de una hendidura del hueso atlas en una Tomografía Cone-Beam.....	33
Figura 14. Reconstrucción de una Tomografía Cone-Beam en donde se observa únicamente el maxilar superior.....	34
Figura 15. Vista frontal y lateral hechas en una reconstrucción en 3D.....	34
Figura 16. Cefalometría tridimensional.....	35
Figura 17. Visualización del color y textura de la piel en una Tomografía en 3D .....	36
Figura 18. Dimensiones de un aparato de Tomografía Cone- Beam.....	37
Figura 19. Combinación de las representaciones tridimensionales de los tejidos duros y blandos en una vista lateral	

---

y frontal.....	38
Figura 20. Software que permite la visualización de las estructuras en los tres planos.....	39
Figura 21. Mediciones cefalométricas tridimensionales en tejidos duros y tejidos blandos.....	39
Figura 22. Estudio cefalométrico completo.....	40
Figura 23. Comparación de una vista panorámica de la Tomografía Cone-Beam y una Ortopantomografía convencional.....	43
Figura 24. Localización de la silla turca en el software de la cefalometría tridimensional.....	45
Figura 25. Análisis de tejidos blandos en la cefalometría tridimensional.....	45
Figura 26. Comparación de una vista frontal de una Tomografía Cone-Beam y una Radiografía Postero Anterior Convencional.....	46
Figura 27. Estereolitografía hecho de material polimérico, reproduciendo una fisura palatina.....	48
Figura 28. Modelo obtenido por estereolitografía en sus tres dimensiones.....	50





---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Hounsfield.....	15
------------------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

La actividad clínica-odontológica rutinaria ha hecho imprescindible brindar al paciente un diagnóstico certero para poder llevar a cabo un buen pronóstico y un tratamiento apropiado de acuerdo a las necesidades dentales de cada paciente; para poder conseguir tal eficacia, es importante apoyarse en los métodos auxiliares adecuados.

En la actualidad, las herramientas para el diagnóstico en el ámbito de la Odontología en general, han ido evolucionando con el paso del tiempo y los avances de la tecnología; dichas innovaciones van desde las últimas técnicas radiográficas, fotografías digitales, hasta modelos de estudio o prototipos sólidos en tres dimensiones.

Dadas las necesidades del clínico; y para poder ofrecer un diagnóstico infalible surge un avance importante en cuanto a tercera dimensión se refiere: la Tomografía Cone-Beam, un estudio radiográfico que ofrece imágenes en tercera dimensión.

Con la llegada de la tomografía Cone-Beam se obtiene una reproducción fidedigna de los pacientes a tratar, una mejor visualización de imágenes con un mínimo de distorsión, menor tiempo de exposición; por lo tanto, menor dosis de radiación para el paciente, aunque un mayor costo para ellos.

El campo de la Ortodoncia moderna utiliza como herramientas, cada vez más habituales, los últimos avances de la tecnología informática y de la imagen; con estas herramientas se pueden realizar análisis cefalométricos, análisis frontales y de tejidos blandos, así como el estudio de modelos tridimensionales para el diagnóstico y planificación del tratamiento en Ortodoncia con mayor precisión.

En comparación con los métodos convencionales se tiene una ventaja superior al poseer una imagen más exacta; puesto que la imagen que

provee la técnica convencional presenta distorsión, al hacer así los trazos cefalométricos, las mediciones obtenidas también tendrán cierto margen de error, dando como consecuencia un diagnóstico menos exacto.

También, existe como innovación la incorporación de un sistema conocido como estereolitografía, dicho sistema consiste en obtener modelos en tercera dimensión del complejo cráneo facial así como de otras estructuras anatómicas, lo cual es de ayuda esencial para el diagnóstico tanto para el ortodoncista, como para el cirujano maxilofacial, implantólogo y protesista, puesto que permite observar las estructuras con exactitud en un material de resina; así pues, permite establecer la naturaleza del problema ortodóntico de forma individual y palpable, obteniendo una valoración más completa.

La Tomografía Cone-Beam y la estereolitografía vinieron a revolucionar la manera en que los elementos auxiliares de diagnóstico se habían estado aplicando en el ámbito ortodóntico, así como en algunas otras especialidades odontológicas. Es sabido que el establecimiento de un diagnóstico adecuado en Ortodoncia es uno de los factores primordiales que promueven la clave del éxito en el tratamiento del paciente.

## CAPÍTULO I

### ¿Qué es la Tomografía?

El término “tomografía” deriva de *tomo*, que significa “corte” y *graphos* que corresponde a “escritura, imagen, dibujo”<sup>1</sup>. Se entiende por tomografía, toda aquella técnica que es utilizada para realizar cortes de un tejido proporcionando una imagen de la ó las estructuras anatómicas deseadas.

Es una técnica especializada que registra de manera clara objetos localizados y permite la observación de una región con poca o ninguna sobreposición de estructuras<sup>2</sup>.

En constante evolución, aún sigue revolucionando a numerosas especialidades de la medicina; de vital importancia para el diagnóstico médico y dental, la tomografía vino a incrementar la capacidad de poder ver en mejor forma, con más precisión y menor invasión en el interior del cuerpo humano<sup>3</sup>.

En el ámbito de la Odontología frecuentemente la tomografía es utilizada como auxiliar de diagnóstico en las afecciones del complejo cráneo facial; para el estudio preciso de las imágenes de estructuras tales como la articulación temporomandibular (ATM) ó imágenes transversales del maxilar superior y de la mandíbula.

El equipo de rayos X cuyo proceso está destinado a producir la imagen de la tomografía es denominado “tomógrafo” (*ver fig. 1*); esencialmente, en su diseño se distinguen tres componentes principales: el *gantry*, mesa, y el ordenador.

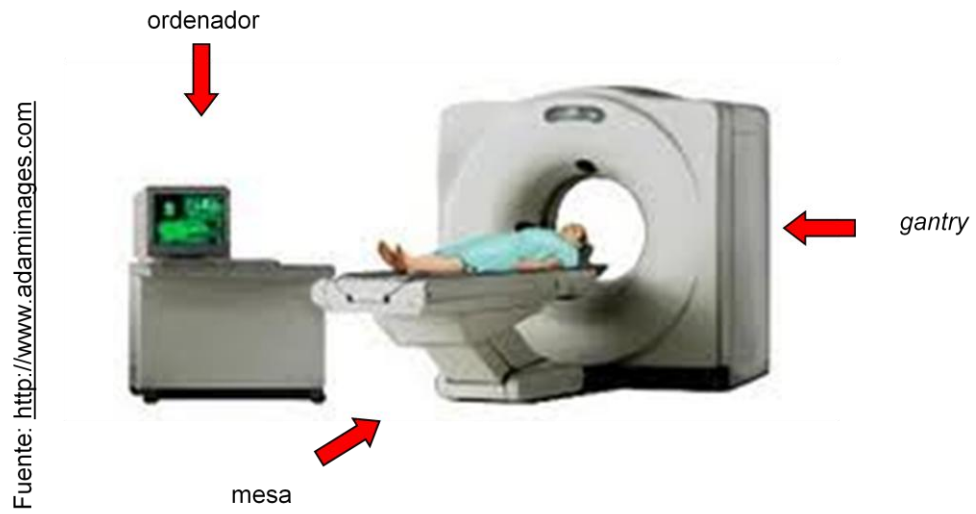


Figura 1. Tomógrafo.

## CAPÍTULO II

### Marco Histórico

La radiología convencional es todavía la principal herramienta de diagnóstico por imágenes, pero presenta algunas limitaciones. No se puede representar, en una película de bidimensional toda la información contenida en un objeto que es tridimensional, por lo que quedan las diferentes estructuras superpuestas<sup>3</sup>, esto impide ver claramente el grosor, densidad y muchas veces el detalle óseo fino<sup>1</sup>.

Las primeras investigaciones sobre reconstrucciones de la imagen radiográfica en el ámbito de la medicina fueron realizadas por Olderof en 1961 y por Kuhl y Allen MacLeod Cormack; físico sudafricano, en 1963<sup>4</sup> (*ver fig. 2*), quien realizó publicaciones en las que denotaba que al realizar escaneos de determinadas estructuras desde varios ángulos, era posible obtener toda la información comprendida en éstas; pero sin embargo, no tuvo la practicidad suficiente en el ámbito médico.

Fuente: <http://www.nndb.com/people/498/000131105/>



Figura 2. Allen MacLeod Cormack.

Es en el año de 1967 que se le da aplicación clínica a las investigaciones anteriormente realizadas por Cormack; esto se hizo posible con los

resultados de los trabajos realizados por Sir Godfrey Newbold Hounsfield en Gran Bretaña, quién de manera totalmente independiente de Cormack, desarrolló un prototipo y construyó el primer equipo de Tomografía Computarizada (TC) (*ver fig. 3*) para uso clínico, que permitía examinar el cráneo y su contenido<sup>3</sup>. Los procesos patológicos que con anterioridad solo eran demostrados en forma indirecta, eran ahora demostrados en forma directa, sorprendiendo así a toda la comunidad médica.

Por ello en el año de 1972 Sir Godfrey N. Hounsfield de forma compartida con Allen M. Cormack recibieron el premio Nobel de Medicina y Fisiología.

Fuente: <http://www.smh.com.au/articles/2004>



Figura 3. Sir Godfrey Hounsfield y el primer equipo de Tomografía Computarizada.

Los cinco primeros equipos fabricados fueron instalados en el Reino Unido y Estados Unidos<sup>3</sup>.

Las primeras reconstrucciones de TC se obtuvieron en 1971 y el tiempo empleado para el proceso era de aproximadamente de 80 minutos<sup>4</sup>.

La primera imagen anatómica que se obtuvo con el primer tomógrafo fue la de un cerebro humano la cual presentaba la existencia de un tumor cerebral, así como también podía diferenciarse la sustancia blanca de la sustancia gris<sup>1</sup>. Se podía observar una imagen con diferentes tonalidades de grises las cuales eran medidas en unidades Hounsfield (HU), llamadas así en honor a Godfrey Hounsfield.

Se desarrolló la escala de Hounsfield (*ver tabla 1*), en la que se representan los valores atenuados de los tejidos a explorar; de esta manera los colores asignados son negro para -1000 HU, blanco para +1000 HU y gris para 0<sup>1</sup>. Es así como los diferentes elementos biológicos y tejidos son medidos en Unidades Hounsfield (HU).

Elemento	Unidad Hounsfield
Hueso cortical	800 – 1000
Hueso Esponjoso	100 – 300
Calcificación	800 – 1000
Sangre coagulada	56 – 76
Sustancia Gris	36 – 46
Sustancia blanca	22 – 32
Músculo	40 – 50
Hígado	40 – 65
Riñones	40 – 50
Agua	0
Grasa	-80 – -1000
Aire	-1000

Fuente: Urzúa R. Técnicas radiográficas dentales y maxilofaciales.

Tabla 1. Escala de Hounsfield

Las grandes ventajas que trajo consigo este nuevo sistema de TC fueron la supresión de superposiciones de ciertas estructuras anatómicas, el



cambio de obtención de datos analógicos a datos digitales y el lograr distinguir tejidos duros de tejidos blandos.

A partir de 1976 se comenzó a utilizar para reproducir imágenes de tórax, abdomen y en general de cuerpo completo.

Muchos son los pacientes que se benefician cada día con el invento de Hounsfield y Cormack, que permitió objetivar mejor las alteraciones de las enfermedades que se producen en el organismo, contribuyendo a un diagnóstico más precoz, preciso y a evaluar los tratamientos efectuados. De esta forma sustituyó numerosos estudios diagnósticos de menor rendimiento y permitió el crecimiento de la radiología intervencional, o cirugía mínimamente invasiva, al utilizarlo como guía de agujas o catéteres para obtener muestras de tejidos o vaciar abscesos, sustituyendo en ambos casos a la cirugía tradicional<sup>3</sup>.

## 2.1 Evolución de la Tomografía Computarizada

La tecnología de Tomografía Computarizada desarrollada por Hounsfield ha tenido una importante evolución progresiva a lo largo de estos años, y se podría resumir a cinco generaciones:

La primera generación de escáneres consistía en una sola fuente de radiación y un detector, y se obtenía información corte a corte<sup>5</sup>. La energía que alimentaba al tubo de rayos X llegaba por medio de cables de alto voltaje, enrollados en un sistema de tambores y poleas. El tubo podía rotar en una dirección y efectuar una imagen o corte, para luego volver en sentido contrario y generar una segunda imagen<sup>1</sup>.

La segunda generación fue introducida como una mejora y múltiples detectores se incorporaban en el plano del escaneo. Aquí se desarrollaron los anillos deslizantes, por lo que el sistema de poleas y tambores que sostenía a los cables de alimentación fue eliminado<sup>1</sup>.

La tercera generación se hizo posible por el avance en la detección y la tecnología de adquisición de datos<sup>5</sup>.

La cuarta generación (ver *fig. 4*) fue desarrollada para contrarrestar el problema de los artefactos que distorsionan la imagen<sup>5</sup>.

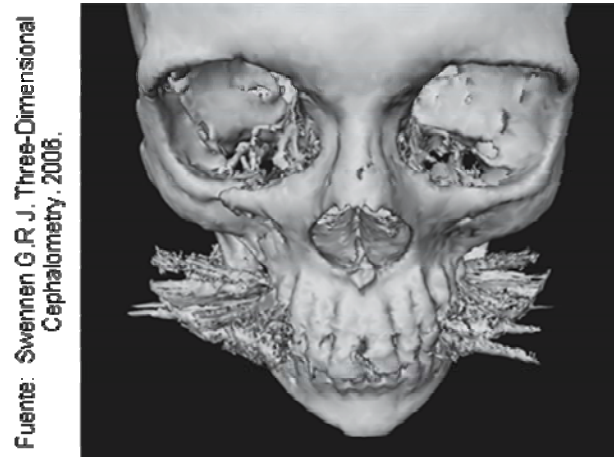


Figura 4. Tomografía que muestra artefactos que distorsionan la imagen debido a las obturaciones con amalgamas.

Por último la quinta generación de escáneres fue la introducción a la reducción de movimiento de los artefactos de dispersión<sup>5</sup>. En ésta se han aumentado los detectores por lo tanto puede reproducir gran cantidad de cortes sincrónicos, permitiendo reconstrucciones cada 0.2mm, lo que la hace una imagen más precisa y en tiempo real.

Las progresión de las distintas generaciones de TC se han diferenciado una de otra principalmente por el aumento de su velocidad, pues con ello se pueden analizar un mayor número de estructuras anatómicas y se evitan variaciones en la imagen, que muchas veces se dan debido a movimientos del paciente, tales como en la respiración.

También el número de detectores que en un principio era tan sólo 1, se han ido incrementando con el desarrollo de nuevas tecnologías tomográficas.

La adquisición de datos, calidad, resolución de las imágenes, disminución de dosis de radiación y tiempo de reconstrucción también han sido factores importantes en la evolución de la Tomografía Computarizada.

Los avances continúan hasta hoy y especialmente en los últimos años, a un ritmo vertiginoso; esto ha sido posible gracias al desarrollo de nuevos algoritmos de reconstrucción de las imágenes, nuevos desarrollos técnicos y al desarrollo paralelo de equipos computacionales que pueden procesar cada vez mayor información, en un tiempo menor<sup>3</sup>.

Las nuevas tecnologías que continúan desarrollándose, se encuentran disponibles para el ámbito médico y dental. Los avances en software y hardware han admitido la creación de nuevos métodos para el diagnóstico cráneo facial, tratamiento, planificación, pronóstico y aplicación clínica.

### **2.1.1 Tomografía Convencional Computarizada**

En la Tomografía Convencional Computarizada (también conocida como “radiografía de sección de cuerpo” o “radiografía por cortes”<sup>1</sup>) el escaneo del paciente es realizado por múltiples cortes simples y continuos.

Existen cinco tipos de movimientos tomográficos: lineal, circular, elíptico hipocicloidal y espiralado. El tiempo de exposición en la Tomografía está determinado por el tiempo que transcurre en realizar el movimiento tomográfico total<sup>1</sup>.

Los tipos de Tomografías convencionales que han sido más utilizadas en el ámbito odontológico son: la Tomografía Lineal y la Tomografía en Espiral.

#### **Tomografía Lineal**

Permite la adquisición de cortes sagitales (longitudinales) y coronales (transversales) de ambos maxilares.

El equipo se encuentra conformado por diferentes partes:

- ❖ La mesa en donde se ubica al paciente.
- ❖ El *gantry* o unidad en la cual va ubicado el tubo de rayos X y los detectores.
- ❖ La consola de trabajo en la cual se manejan las imágenes.
- ❖ El computador en el cual se procesa la información<sup>1</sup>.

Entre el foco y la película existe una distancia de 1.8 metros, esto permite que haya un estándar de magnificación constante del 10%.

El principio básico de la Tomografía Lineal consiste en un movimiento sincronizado del tubo de rayos X y la película alrededor de un punto fijo en direcciones opuestas. Con este movimiento coordinado, la imagen de un objeto situado en el punto de apoyo dentro del plano focal permanecerá en una posición fija sobre la película a lo largo del recorrido del tubo, de modo que se visualizará con claridad y los objetos que se sitúen fueran del plano focal experimentarán cambios constantes de posición en la película, hecho que los hará parecer borrosos hasta el punto de no poder reconocerlos a causa de la falta de nitidez por movimiento<sup>1</sup>.

El procesamiento se da cuando se emite radiación sobre un cuerpo, el cual se compone de múltiples elementos celulares que por sí mismos tienen una diferente escala de absorción y atenuación de la radiación. La radiación restante llega a los detectores ubicados en el *gantry*, y es convertida en información digital que en seguida es enviada a la memoria del computador en donde se procesará.

Las imágenes que se obtienen se visualizan en el monitor del ordenador en donde posteriormente serán transferidas a películas, a discos ópticos o bien son archivadas en cualquier dispositivo de almacenamiento tales como discos compactos, usb, etcétera.

La unidad elemental que conforma estas imágenes se denomina pixel (*picture element*) las cuales al conjuntarse, forman una matriz de varios pixeles dando como resultado una imagen bidimensional o plana.

Algunas otras limitaciones tales como degradación de contraste, magnificación resultante y otras hacen de este estudio una opción susceptible a suplirse puesto que para determinados casos existen otras alternativas más precisas.

### Tomografía Espiral

También llamada Helicoidal, fue creada en el año de 1989, su propósito principal fue perfeccionar algunas de las limitaciones que presentaba la Tomografía Computarizada Lineal Convencional; esto es: se disminuyó el tiempo del procesamiento de imágenes dando como resultado una menor exposición del paciente a la radiación, así como también, se minimizó la aparición de algunos artefactos los cuales impedían una interpretación radiográfica eficaz.

En la técnica en espiral el paciente se desplaza junto con la mesa hacia la fuente de rayos X durante una continua y simultánea toma de imágenes (*ver fig. 5*), lo que resulta un estándar espiral (helicoidal) del foco de rayos X en relación con el paciente<sup>4</sup>.

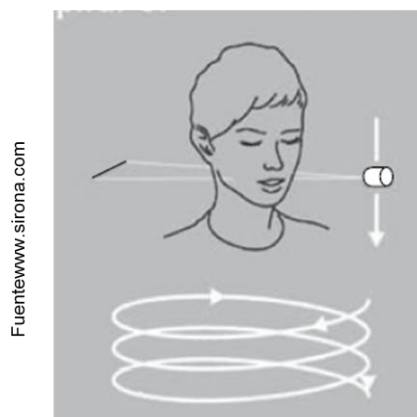


Figura 5. Diagrama del movimiento helicoidal en una tomografía en espiral.

En ésta técnica no pueden ser realizados cortes sagitales, siendo únicamente permitidos cortes transversales de la maxila y de la mandíbula. El grosor varia de 2 a 4 mm y dicho corte es elegido por el operador dependiendo de las necesidades de cada caso.

La distancia foco-película es de 50 cm, lo cual induce una magnificación constante de 1.5; como comparativo la magnificación de las ortopantomografías es de 1.3.

De la misma manera que en la Tomografía convencional, se pueden realizar Tomografías para el estudio pre y postimplantes, localización de dientes incluidos, estudio de lesiones quísticas y tumorales, ubicación de cuerpos extraños y Tomografía de la articulación temporomandibular<sup>1</sup>.

En los últimos años el continuo desarrollo de la tecnología ha perfeccionado la Tomografía computarizada en espiral, creando así la *Multislice Computed Tomography (multislice CT)* también conocida como Fan-Beam, la cual permite cortes de 0.1mm en tan solo 0.5 segundos en tiempo real; es decir que las reconstrucciones son realizadas equivalentemente al tiempo en que el paciente es escaneado.

### **2.1.2 Tomografía Fan-Beam**

Los escáneres de la Tomografía Fan-Beam están compuestos por una fuente de rayos X y detectores que se encuentran dispuestos dentro del dispositivo rotatorio del *gantry*<sup>6</sup>.

Los rayos X pasan a través del paciente y es así como se crea una imagen corte a corte. Cada corte que se obtiene desde la fuente de rayos X para adquirir las imágenes tiene forma de abanico, (*ver fig.6*) he aquí la razón del nombre adjudicado a ésta Tomografía.



Figura 6. Corte de la Tomografía Fan-Beam.

Generalmente cada corte es realizado en el plano axial y la interpretación de la imagen se consigue juntando todos los cortes para obtener múltiples representaciones en segunda dimensión (2D). Se pueden adquirir hasta 64 cortes simultáneamente reduciendo considerablemente el tiempo de análisis en comparación con la Tomografía Lineal<sup>6</sup>.

Posteriormente se registran los datos en los detectores de imagen en estado sólido, los cuales se encuentran dispuestos en una organización de 360° alrededor del paciente<sup>7</sup>.

La Tomografía Fan-Beam ha sido la precursora de la Tomografía hoy conocida como Tomografía Cone-Beam.

### 2.1.3 Tomografía Cone-Beam

La Tomografía computarizada con rayo de cono o *Cone Beam Computerized Tomography* (CBCT) se desarrolló como un avance en la tecnología como resultado de la demanda de información en tercera dimensión (3D) obtenida por métodos convencionales de la Tomografía Computarizada (TC)<sup>5</sup>.

Tiene como principio una función algorítmica que fue desarrollado en 2D (geometría paralela) y fue extendida en 3D (geometría cónica)<sup>8</sup>. El

algoritmo puede reducir el movimiento de artefactos, una alta precisión para la localización de estructuras anatómicas o patológicas, menor absorción y mejor efecto de la dosis utilizada.

La fuente de rayos X para la Tomografía se compone de un tubo de ánodo fijo de baja energía, semejante al utilizado en los equipos para la toma de ortopantomografías digitales.

Maneja un haz de rayos X en forma de cono, con un intensificador especial de la imagen y un sensor de estado sólido o una placa de silicona amorfa para captar la imagen<sup>7</sup> (ver fig. 7). Éste haz se encuentra mucho más concentrado y por lo tanto es menos disperso.



Figura 7. Corte de la Tomografía Cone-Beam.

El equipo de Tomografía Cone-Beam es muy compacto y se asemeja al aparato de radiografía panorámica, pues el paciente generalmente es posicionado sentado<sup>2</sup>.

Utiliza actualmente un solo barrido rotatorio de 360°, donde la fuente de rayos X de manera sincrónica con los detectores se mueve alrededor de la cabeza del paciente, la cual esta sujeta para mantener la estabilidad de la misma.



Pueden recopilarse gráficos de un volumen dental o maxilofacial completo, o de una región concreta de interés. Los tiempos de barrido para ello varían de 10 a 90 segundos<sup>7</sup>.

La unidad elemental que conforma estas imágenes se denomina voxel (*volumen element*) las cuales al conjuntarse, corresponden a un cuadrado tridimensional, teniendo así una altura, anchura y profundidad; dando como resultado por lo tanto, una imagen en tres dimensiones.

Dependiendo del fabricante del equipo de Tomografía en 3D se pueden obtener cortes que van de 0.125 mm a 2 mm, otros van de 0.2 mm a 0.4 mm o también de 0.5 mm a 1.0 mm<sup>8</sup>. A menor espesor de cada corte, mejor será la calidad de la imagen.

Existen aparatos de Tomografía Cone-Beam que permiten la visualización de la imagen en tiempo real, en tres planos simultáneamente (axial, sagital y coronal), con la opción de visualizar en forma panorámica,<sup>6,8</sup> lateral (*ver fig. 8*), interna, externa o como una estructura volumétrica y en tiempo real; es decir, que el tiempo de reconstrucción es inmediato al tiempo en que se realiza la toma de la Tomografía. De esta manera se puede tener acceso visual a estructuras anatómicas que en un método convencional generalmente es limitado.

Fuente: Swennen G.R.J. Three-Dimensional Cephalometry.2006.

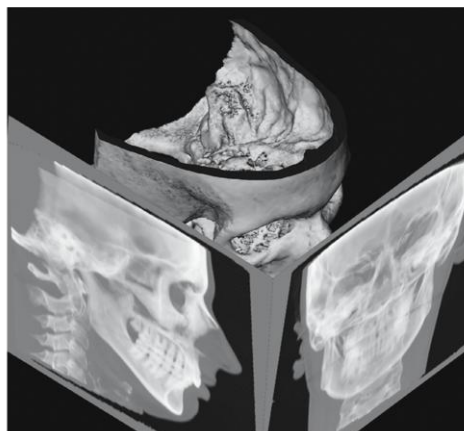


Figura 8. Visualización de los planos en una Tomografía en 3D.

Estas imágenes son comparables con las obtenidas en una Tomografía convencional computarizada y se pueden mostrar como una vista completa de la cabeza, como un punto del cráneo, o como una vista de una región localizada<sup>5</sup>.

Es decir, que de acuerdo a las aplicaciones que ofrece el software, se puede manipular la imagen de manera tal que podemos observar una región localizada de interés, se puede también contraponer el tejido blando sobre el tejido duro, ver un solo diente, observar el hueso a diferentes niveles de corte, colorear la estructura deseada a analizar; girar, rotar, ampliar o medir las estructuras digitales, lineales o angulares o en dado caso, hacer un trazado cefalométrico en su totalidad.

Navegar a través de la vía aérea o navegar dentro de los senos para observar la anatomía o la desarmonía de dichas estructuras; así como también, observar la existencia de tejido mucoso.

Las imágenes se almacenan mediante el uso de *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*, que es un tipo de formato en imagen medica.

En cuanto a la dosimetría de radiación, la Tomografía Cone-Beam emplea aproximadamente el 20% de la Tomografía Computarizada Convencional, lo que equivale a una menor exposición a la radiación para el paciente, y una reducción en el tiempo de trabajo.

## CAPÍTULO III

### Componentes de un aparato de Tomografía Cone-Beam

Para poder comprender el sistema Cone-Beam es importante conocer cada uno de los componentes que lo constituyen, su funcionamiento y finalmente su utilidad. Independientemente del fabricante del equipo, todos los aparatos de Tomografía Cone-Beam siguen la siguiente premisa: un sistema de obtención de datos, el procesamiento de dichos datos, la obtención de la imagen; posteriormente el sistema de visualización de las imágenes procesadas y el almacenamiento de los datos obtenidos de manera integral de la Tomografía.

#### 3.1 Sistema de obtención de datos

El sistema de obtención de datos tiene por función generar la imagen radiológica; está conformado por los siguientes elementos:

- ❖ **Generador de alta tensión:** aporta la energía constante que procede del tubo de rayos X que se denomina como radiación primaria. Cuando esta radiación primaria atraviesa cierta estructura anatómica se absorbe parte de su radiación, es denominada entonces radiación atenuada; que es cuando parte de esta energía es frenada al producirse el choque de fotones X con los átomos.
- ❖ **Mesa:** es la zona en la que es colocado el paciente para su estudio tomográfico y en donde se encuentran los dispositivos que realizan los movimientos del mismo, conforme al movimiento de los detectores y del tubo de rayos X.
- ❖ **Tubo de rayos X:** su función primordial es producir la radiación.

El tubo y el detector realizan una rotación de 360° alrededor de la región seleccionada. Los primeros datos resultantes se convierten en datos de corte<sup>4</sup>.

- ❖ Detectores: son los encargados de transformar la radiación recibida en información que posteriormente será procesada por el ordenador.

Cuanto mayor es la velocidad del movimiento del tubo de rayos X, menor será la radiación recibida por el paciente, mayor será la cantidad de datos enviados para el ordenador y por lo tanto, las imágenes se reproducirán con mejor fidelidad<sup>4</sup>. Aunado a esto a mayor rapidez del estudio tomográfico, menores serán los movimientos emitidos por el paciente dando como resultado menor distorsión de la imagen producida.

### 3.2 Sistema de procesamiento de datos

Se integra de los siguientes componentes:

- ❖ Ordenador: su función principal es recibir la información proveniente de los detectores y por medio de su software producirá los cálculos precisos para la reconstrucción de la imagen tridimensional. Adicional a esto recopila en su memoria toda la información necesaria para el manejo y visualización de la imagen.
- ❖ Matriz y voxel: la matriz consiste en diferentes valores atenuados, dependiendo de las diferentes capacidades de absorción de cada porción del objeto que se determinó escanear<sup>4</sup>.

Dicha matriz, se compone de diversos elementos que componen la imagen; *el voxel*, es el que brinda esa tridimensionalidad a la estructura escaneada.

### 3.3 Sistema de visualización y de almacenamiento de datos.

- ❖ Disco magnético, disco compacto y/o usb: son los responsables por el almacenamiento de la imagen tridimensional, además del propio ordenador<sup>4</sup>.

Generalmente la información se va recopilando en la misma memoria del ordenador, pero en algunas ocasiones dicha memoria no es suficiente para almacenarla toda, puesto que van surgiendo nuevos datos; es aquí cuando se hace necesaria la utilización de otra manera de recopilación tal es el caso de los discos compactos o memorias externas como usb.

## CAPÍTULO IV

### Importancia y aplicaciones de la Tomografía Cone-Beam en Ortodoncia

El sistema de Tomografía computarizada Cone-Beam es de significativa importancia para el diagnóstico, localización y reconstrucción de imágenes tomográficas con excelente precisión, facilitando al profesional del área de la salud en sus procedimientos a realizar, posibilitando de esa forma, mejoría en el tratamiento para el paciente<sup>8</sup>.

Actualmente, la Tomografía Cone-Beam puede ser utilizada en varias especialidades de la odontología, se emplean principalmente en las siguientes áreas:

- ❖ Cirugía oral y maxilar facial; para evaluar fracturas, planeamiento y seguimiento de tratamientos pre y postquirúrgicos en cirugía ortognática.
- ❖ Patología oral; para la localización de quistes, tumores, odontomas (ver fig. 9) granulomas o cualquier anomalía en boca.

Fuente: Journal of Orthodontics,  
Vol. 36, 2009, 202-210

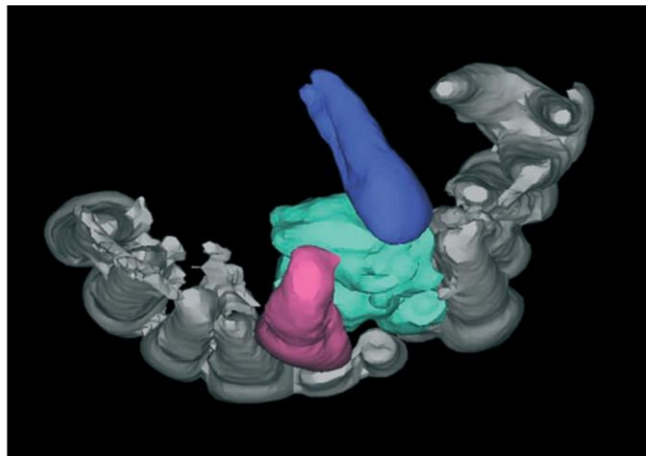


Figura 9. Reconstrucción tridimensional de un odontoma.

- ❖ Periodoncia; para verificar la fenestración ósea, altura de la cresta ósea alveolar o alguna lesión en furca.
- ❖ Implantología; para la evaluación de la morfología, cantidad y calidad ósea.
- ❖ Endodoncia; para verificar la morfología radicular, existencia de canales accesorios, fracturas radiculares, patologías periapicales y resorciones<sup>2</sup>.

En el área de Ortodoncia se han encontrado múltiples situaciones clínicas en las que la Tomografía Cone-Beam ha contribuido de manera puntual y eficaz.

Algunas aplicaciones incluyen:

- ❖ La imagen de una Tomografía Cone-Beam ofrece las ventajas de una representación de las estructuras faciales en tercera dimensión (3D) sin ampliación o distorsión. También proporciona una sección transversal de los tejidos duros y blandos, sin superposiciones, lo que permite una ubicación mejorada de los puntos de referencia anatómicos utilizados en los análisis cefalométricos (*ver fig. 10*) y mediciones precisas lineales y angulares entre los puntos de referencia y no en un mismo plano<sup>9</sup>.

Fuente: Journal of Orthodontics, Vol. 37,  
2010, 62-71

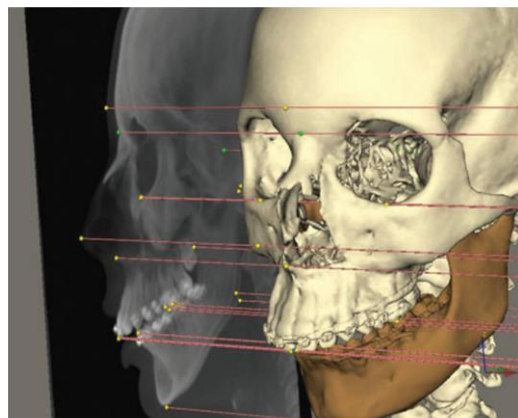


Figura 10. Puntos de referencia cefalométricos en imagen tridimensional.

- ❖ La imagen de una Tomografía Cone-Beam brinda mejores medios para evaluar los resultados del tratamiento y las diferentes los patrones de la remodelación ósea posteriores a la cirugía ortognática. Las técnicas se han diseñado para permitir la superposición de modelos 3D para ayudar a evaluar los cambios en la morfología como resultado del tratamiento y el crecimiento<sup>9</sup>.
- ❖ La imagen en 3D puede revelar la presencia de caninos impactados (*ver fig.11*), pueden demostrar anodoncias, tamaño de los folículos pilosos, la inclinación del eje del diente, dientes vestibularizados, palatinizados, lingualizados, rotaciones, intrusiones, extrusiones, la cantidad del hueso que cubre el diente, la proximidad y reabsorción de las raíces de dientes adyacentes.

Fuente: Angle Orthodontist,  
Vol 81, No 2, 2011

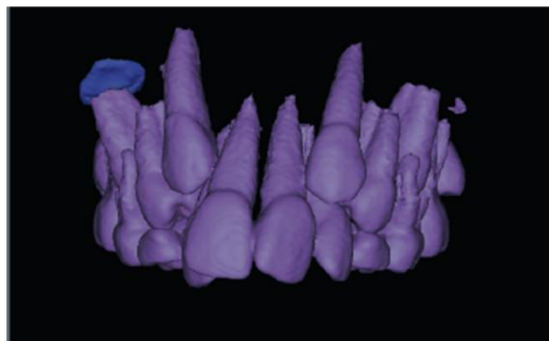


Figura 11. Reconstrucción tridimensional de caninos impactados.

- ❖ Para medir el tamaño y la forma de la faringe, es fundamental para diagnosticar la apnea obstructiva del sueño y cuando está contemplada alguna cirugía. La sección transversal de la faringe tiene una forma más elíptica y por lo tanto la información 2D a partir de una cefalometría lateral puede ser insuficiente o dudosa para diagnosticar la apnea obstructiva del sueño.
- ❖ La imagen de la Tomografía Cone-Beam puede ser usada para determinar el grosor y la morfología del hueso en sitios en donde



será posicionados mini implantes o en pacientes en donde está contemplada la expansión rápida del maxilar.

- ❖ Proporciona una vista para determinar la angulación de las raíces, así como resorción en la superficie bucal o lingual no observadas en radiografías convencionales periapicales o radiografías panorámicas.
- ❖ Permite la facilidad de analizar asimetrías faciales, tejidos blandos y vías aéreas en tres dimensiones. La utilidad de las radiografías cefalométricas para este propósito puede estar comprometida por la incorrecta colocación de la cabeza del paciente al momento de la toma del estudio radiográfico o por una magnificación desigual<sup>9</sup>.
- ❖ También la Tomografía Cone-Beam es utilizada en pacientes que presentan alguna alteración de la articulación temporomandibular (*ver fig. 12*), tales como disfunciones, fracturas de cóndilo, luxaciones, etc.

Fuente: Angle Orthodontist,  
Vol 81, No 2, 2011

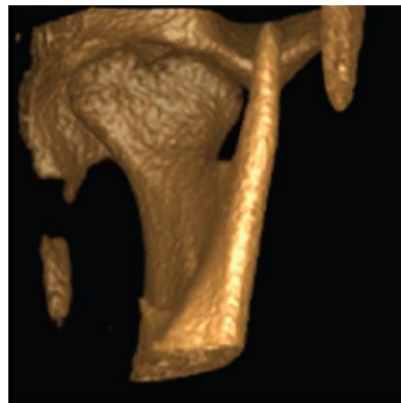


Figura 12. Reconstrucción en tercera dimensión de un cóndilo bífido.

- ❖ Determinación de la edad esquelética basándose en la morfología de la vértebra cervical<sup>8</sup>.

## CAPÍTULO V

### Ventajas y Desventajas de la Tomografía Cone-Beam

Al implementarse el sistema de Tomografía Cone-Beam trajo consigo una serie de cambios e innovaciones que tienen por sí mismos ventajas y desventajas tanto para el odontólogo, el radiólogo y el paciente.

Las ventajas que presenta la Tomografía Cone-Beam son:

- ❖ Proporciona imágenes claras con estructuras altamente contrastadas (*ver fig. 13*) y es extremadamente útil para evaluar los huesos <sup>6</sup>.

Fuente: Angle Orthodontist, 2011; 81: 2: 350-354

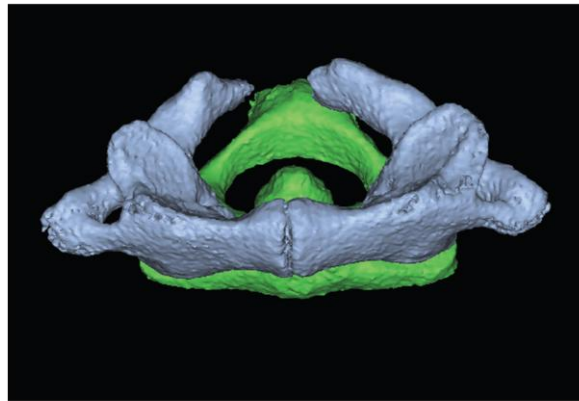


Figura 13. Visualización ósea de una hendidura del hueso atlas en una Tomografía Cone-Beam.

- ❖ Reduce el tamaño del área irradiada lo cual tiene como consecuencia una disminución en la dosis de radiación.
- ❖ No hay superposición de estructuras anatómicas<sup>10</sup>.
- ❖ Optimiza la calidad en el diagnóstico<sup>11</sup>.
- ❖ Proporciona alta precisión de imágenes y mayor resolución de las mismas; debido a que el operador puede manipular el tamaño del corte y así mismo el *voxel* tiene un tamaño mucho más reducido, siendo también isotrópico; es decir que el tamaño en sus tres dimensiones es exactamente igual.
- ❖ Mayor velocidad en el escaneo del paciente; porque el tomógrafo adquiere todas las imágenes en una sola rotación, tomando tan

solo unos minutos o unos segundos para realizar el estudio completo y su reconstrucción volumétrica.

- ❖ Muchos equipos de Tomografía Cone-Beam, pueden ser ajustados para el escaneo de áreas específicas (*ver fig. 14*) o en su defecto pueden ajustarse para el análisis completo del complejo cráneo, dentofacial.

Fuente: Journal of Orthodontics  
2009; 36: 202-210.



Figura 14. Reconstrucción de una Tomografía Cone-Beam en donde se observa únicamente el maxilar superior.

- ❖ Evita el alargamiento o distorsión de las imágenes<sup>11</sup>.
- ❖ Reducción en la exposición a la radiación<sup>10</sup>.
- ❖ La capacidad de generar replicas de las imágenes convencionales (*ver fig. 15*) utilizadas más comúnmente en odontología.

Fuente: [www.acatodontologica.com](http://www.acatodontologica.com)

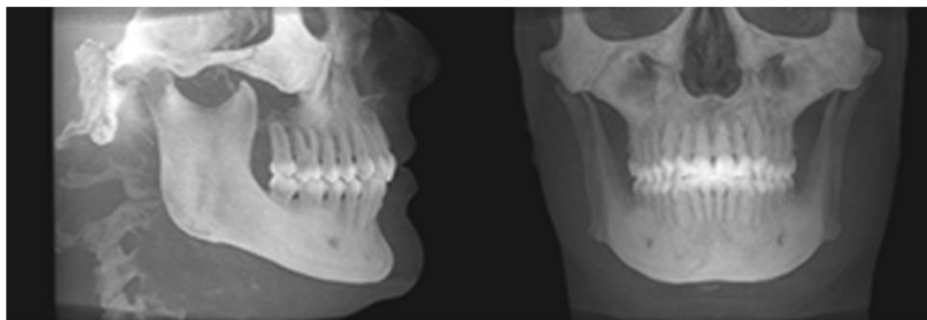


Figura 15. Vista frontal y lateral hechas en una reconstrucción en 3D.

- ❖ Reconstrucción de imágenes en tiempo real, no sólo en el plano axial sino también en el plano coronal, sagital, oblicuos o planos curvos<sup>6</sup>.
- ❖ La posibilidad de interactuar y manipulación de la imagen.
- ❖ Alta precisión y fiabilidad<sup>10,11</sup>.
- ❖ Representación volumétrica en tercera dimensión real de tejidos duros y blandos<sup>10</sup>.
- ❖ Configuración de un sistema de referencia cefalométrico en tercera dimensión biológico y significativo para análisis de cambios craneofaciales en sentido transversal y longitudinal<sup>10</sup>.
- ❖ Reducción de artefactos en las imágenes<sup>6</sup>.
- ❖ Mejora la comunicación del odontólogo hacia el paciente y sus familiares y también interprofesionalmente, haciéndola más efectiva logrando un mejor entendimiento.
- ❖ Rapidez al realizar los trazados<sup>11</sup>.
- ❖ Posibilidad de realizar un análisis cefalométrico (*ver fig. 16*) en tercera dimensión<sup>10</sup>.

Fuente: American Journal of Orthodontics and  
Dentofacial Orthopedics 2006;130:2:410-416

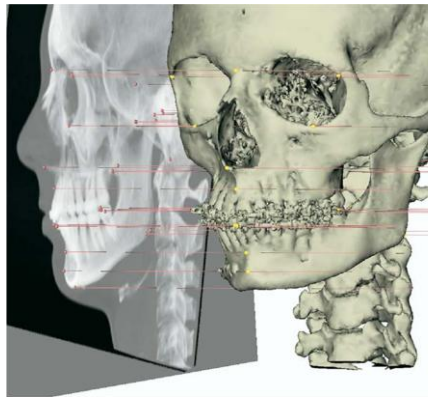


Figura 16. Cefalometría tridimensional.

- ❖ Un mejor plan de tratamiento y seguimiento post - quirúrgico en pacientes destinados a cirugía ortognática.
- ❖ Los sistemas de detección incluyen un intensificador de imagen<sup>5</sup>.
- ❖ De gran aplicación en el campo de la docencia<sup>11</sup>.

Dentro de las desventajas que presenta este sistema se encuentran:

- ❖ Puede presentar un error residual de 3mm cuando existe un pequeño movimiento del paciente. El error también se puede presentar por la inseguridad del registro de la imagen o por una limitada precisión mecánica<sup>8</sup>.
- ❖ En algunos equipos de Tomografía Cone-Beam el paciente es posicionado de forma supina durante el escaneo; esto puede alterar la posición de los tejidos blandos faciales<sup>9</sup>; también la mandíbula suele retraerse, deformando así la oclusión normal del paciente.
- ❖ La Tomografía Cone-Beam no captura el color real (*ver fig. 17*) de la textura de la piel<sup>12</sup>.

Fuente: Swennen G.R.J. Three-Dimensional Cephalometry, 2006.

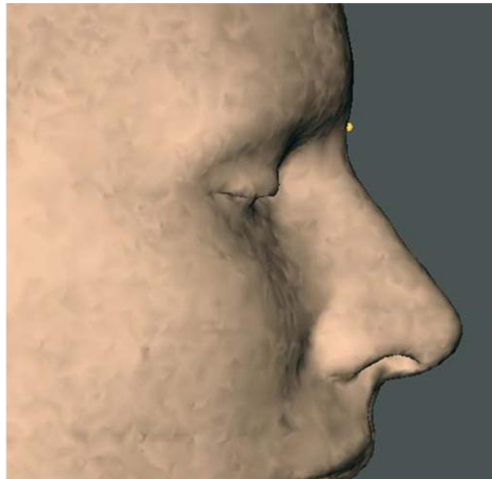


Figura 17. Visualización del color y textura de la piel en una Tomografía en 3D .

- ❖ No tiene la capacidad para trazar exactamente las estructuras musculares<sup>12</sup>.
- ❖ El costo del estudio tomográfico en 3D es elevado.
- ❖ Generalmente el equipo de Tomografía Cone-Beam (*ver fig. 18*) requiere de mucho espacio<sup>5</sup>.

Fuente: [www.acatodontologica.com](http://www.acatodontologica.com)



Figura18. Dimensiones de un aparato de Tomografía Cone-Beam.

- ❖ Existen algunas ambigüedades en la definición de ciertos puntos de referencia anatómicos, tales como silla, porción y articulare<sup>9</sup>; esto puede ser debido a que algunos aparatos de Tomografía Cone-Beam tienen limitaciones en cuanto a detalle fino.

Las grandes ventajas y las disminuidas desventajas que ofrece la Tomografía Cone-Beam hacen de este sistema, una opción elegible de entre los variados exámenes radiológicos existentes hoy en día.

## CAPÍTULO VI

### Cefalometría Tridimensional

Se han desarrollado muchos distintos estudios cefalométricos para la evaluación del desarrollo y morfología del cráneo y de la cara, principalmente en el área de Ortodoncia, en el área de Cirugía maxilofacial, cirugía plástica y antropología médica; que generalmente son utilizados con fines clínicos o de investigación<sup>13</sup>.

La cefalometría en tercera dimensión (3D) tiene el potencial de proporcionar automáticamente una serie de datos en cuanto a tejidos duros y blandos con una óptima precisión y una exactitud deseable.

Este innovador enfoque virtual en 3D significa un puente entre la cefalometría convencional y las técnicas de imagen craneofaciales modernas y proporciona una alta calidad en los datos que aporta<sup>10</sup>.

La escena en tercera dimensión permite la combinación de las representaciones tridimensionales de los tejidos duros y blandos con las radiografías laterales y frontales (*ver fig. 19*), así permite la configuración de un sistema de referencia cefalométrico tridimensional fiable.

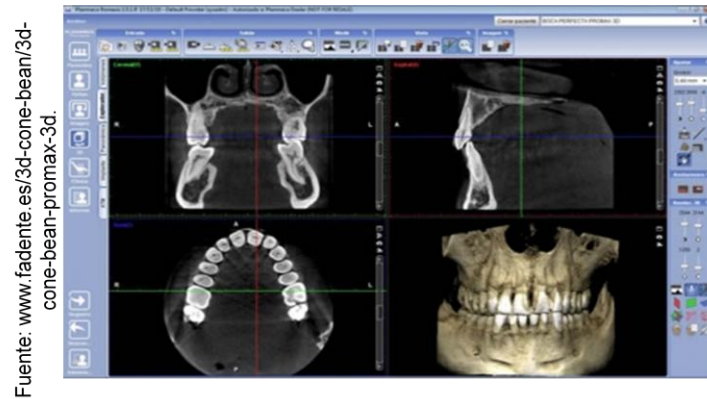


Fuente: [www.cedirama3d.blogspot.com](http://www.cedirama3d.blogspot.com)

Figura 19. Combinación de las representaciones tridimensionales de los tejidos duros y blandos en una vista lateral y frontal.



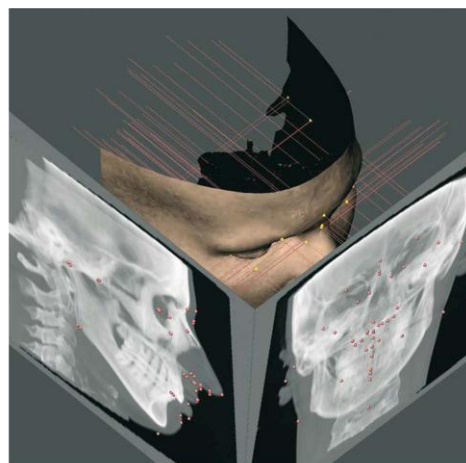
El software (ver fig. 20) que es utilizado para la cefalometría tridimensional, realiza la localización de los puntos anatómicos de referencia, de manera tal que el mismo punto de referencia es localizado en los tres planos anatómicos de tal manera que pueden ser definidos y colocados de forma muy precisa<sup>14,13</sup>.



Fuente: [www.fadente.es/3d-cone-bean/3d-cone-bean-promax-3d](http://www.fadente.es/3d-cone-bean/3d-cone-bean-promax-3d).

Figura 20. Software que permite la visualización de las estructuras en los tres planos.

Una vez que se definen los puntos de referencia se pueden combinar para definir planos anatómicos. En el sistema de cefalometría tridimensional es posible computarizar mediciones cefalométricas tridimensionales de tejidos duros, de tejidos blandos, puntos de referencia (ver fig. 21) en planos lineales, angulares y ortogonales de forma automática<sup>13</sup>.



Fuente: Swennen G.R.J. Three-Dimensional Cephalometry. 2006.

Figura 21. Mediciones cefalométricas tridimensionales en tejidos duros y tejidos blandos.



Para la obtención de un estudio cefalométrico completo (*ver fig. 22*), es necesario la obtención de mediciones específicas en todos los planos antes mencionados

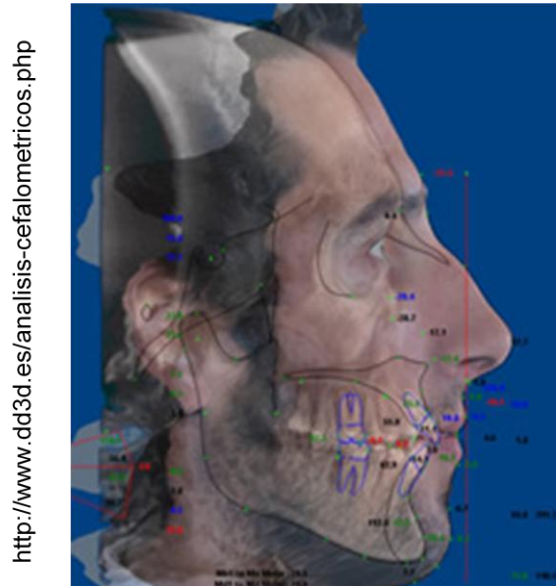


Figura 22. Estudio cefalométrico completo.

## 6.1 Mediciones Lineales

Las mediciones lineales proyectivas son mediciones entre dos puntos de referencia en cefalometría tridimensional que se proyectan en una de las referencias de los planos cefalométricos en 3D y se expresan en milímetros<sup>13</sup>.

Las mediciones lineales proyectivas a lo ancho de la estructura son mediciones horizontales entre dos puntos de referencia cefalométricos tridimensionales proyectados de forma paralela hacia los planos medio, horizontal y vertical<sup>13</sup>.

Las mediciones lineales proyectivas de altura son mediciones verticales entre dos puntos de referencia cefalométricos tridimensionales proyectadas paralelamente al plano horizontal, al plano vertical y al plano medio<sup>13</sup>.

Las mediciones lineales proyectivas de profundidad son mediciones sagitales entre dos puntos de referencia cefalométricos tridimensionales proyectadas paralelamente al plano horizontal, al plano vertical y al plano medio<sup>13</sup>.

Las distancias tridimensionales son mediciones lineales directas entre dos puntos de referencia cefalométricos y son expresados en milímetros<sup>13</sup>.

## **6.2 Mediciones angulares**

Las mediciones proyectivas angulares son mediciones entre tres o cuatro puntos de referencia cefalométricos tridimensionales proyectados en uno de los planos de referencia en 3D y son expresados en grados<sup>13</sup>.

Las mediciones proyectivas angulares son mediciones entre dos puntos de referencia cefalométricos tridimensionales y un plano de referencia en 3D proyectados en un plano de referencia tridimensional que son medidos en grados<sup>13</sup>.

Las mediciones proyectivas angulares son mediciones entre dos planos cefalométricos tridimensionales proyectados en uno de los planos de referencia tridimensionales y son medidos en grados<sup>13</sup>.

## **6.3 Mediciones Ortogonales**

Son mediciones perpendiculares de los variados puntos de referencia tridimensionales a cada uno de los planos de referencia en 3D y son medidos en milímetros<sup>13</sup>.

## **6.3 Mediciones de correlación proporcional**

Son relaciones entre dos medidas cefalométricas tridimensionales y son expresadas como porcentajes<sup>13</sup>.

## CAPÍTULO VII

### Tomografía Cone-Beam versus los estudios radiológicos convencionales en Ortodoncia

#### 7.1 Ortopantomografía versus Tomografía Cone-Beam

Tradicionalmente la Ortopantomografía, también conocida como radiografía panorámica ha sido uno de los auxiliares de diagnóstico en Ortodoncia más utilizado antes, durante y después del tratamiento ortodóncico para evaluar el paralelismo radicular<sup>15</sup>, permeabilidad u obstrucción de senos y vías aéreas, simetría mandibular, anomalías dentales o estructurales, obturaciones presentes y generalidades de tratamientos en los dientes tales como pulpotomías o tratamientos de conductos, localización de patologías, malposiciones, ausencias dentales, retenciones, dientes impactados, etcétera.

Para lograr un análisis óptimo de todos éstos factores, se debe tomar conciencia de la distorsión geométrica relativa del examen radiográfico que está siendo utilizado, amplificación variable, sobreproyección de estructuras anatómicas, errores de posicionamiento y variaciones, tanto de los huesos maxilares como de los propios dientes, que pueden generar distorsiones que afectan la calidad de la imagen como ayuda diagnóstica<sup>15</sup>.

Por la técnica, todas las radiografías panorámicas convencionales presentan cierta magnificación, lo cual hace que la imagen no se encuentre representada a una escala de 1:1. Según Misch<sup>16</sup>, en una Ortopantomografía, la fuente de rayos X expone ambos maxilares en una angulación negativa que produce una magnificación en sentido vertical del 10% y en sentido horizontal del 20%, la cual varía según la localización anatómica, la posición del paciente y la distancia foco-objeto. Esta

magnificación distorsiona las distancias y las mediciones para el plan de tratamiento<sup>16</sup>, por lo tanto disminuye su precisión.

En comparación con la imagen que ofrece la vista Panorámica de la Tomografía Cone-Beam (ver fig. 23), todas las características limitantes de la Ortopantomografía ya mencionadas, son descartadas.

Fuentes: [www.aitdental.com.ar](http://www.aitdental.com.ar) y  
<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/odontologia/2003>

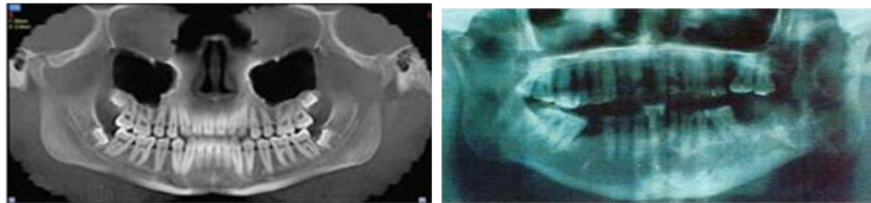


Figura 23. Comparación de una vista panorámica de la Tomografía Cone-Beam y una Ortopantomografía convencional.

Ofrece imágenes sin distorsión por estructuras anatómicas adyacentes, además permite la cuantificación y diferenciación entre tejidos suaves y duros, lo cual permite observar estos tejidos sin necesidad de una técnica invasiva como la inyección de un líquido contrastante<sup>16</sup>.

Aunado a esto con ayuda de un software especializado es posible observar la imagen tomográfica a escala de grises, a colores, en forma de relieve, en positivo o negativo; se puede realizar una magnificación por regiones (esto para hacer un acercamiento de la zona de interés), también existe la posibilidad de trazar líneas y hacer mediciones directamente en la imagen tomográfica.

## 7.2 Radiografía Lateral de Cráneo Convencional versus Tomografía Cone-Beam

Desde de la introducción de la radiografía lateral de cráneo en 1931, se convirtió en una de las herramientas más utilizadas para realizar diagnóstico, comprender el crecimiento y desarrollo cráneo facial, para

determinar maloclusiones y otras anomalías faciales; para evaluar los efectos de los tratamientos ortodónticos, ortopédicos quirúrgicos<sup>17</sup>.

La radiografía lateral de cráneo convencional presenta una imagen en segunda dimensión de una estructura en tercera dimensión, es a través de la misma que se realizan los análisis cefalométricos en Ortodoncia, aún cuando ésta presenta un determinado número de limitaciones, tales como la distorsión, magnificación diferencial del complejo cráneo facial y con una serie de superposiciones que al momento de realizar los trazos cefalométricos necesarios para realizar el diagnóstico de los pacientes ortodónticos, muchas veces se produce la dificultad de identificar correctamente las estructuras importantes para realizar dicho análisis. Algunas de estas fallas, generalmente están asociadas al aparato de rayos X o a errores en la ubicación del paciente al momento de realizar la toma de la radiografía<sup>18</sup>.

La Tomografía Cone-Beam ha permitido la evaluación tridimensional del complejo cráneo facial con un mayor grado de exactitud y reproducibilidad de las disponibles anteriormente.

Además, la posición de la cabeza no interfiere para la toma de la imagen tridimensional, pues el análisis de la relación espacial entre los los distintos puntos no se cambia de ninguna manera por variaciones en la orientación de la cabeza<sup>17</sup>.

Se pueden identificar los puntos de referencia cefalométricos con una alta fidelidad por lo que las mediciones tridimensionales serán más precisas.

El software utilizado para la realización de la cefalometría tridimensional, utiliza un cursor con la ubicación de todos los puntos (*ver fig. 24*), nos da el trazo cefalométrico deseado, planos espaciales (sagital, coronal y

horizontal), etcétera. En comparación, la imagen producida por una radiografía lateral convencional, sólo muestra una sombra de las estructuras óseas y las mediciones se realizan de forma manual en una forma bastante primitiva<sup>14</sup>.

Fuente: Angle Orthodontist. 2011;81:1.

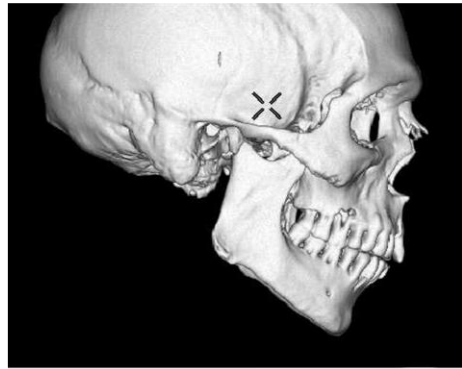


Figura 24. Localización de la silla turca en el software de la cefalometría tridimensional.

En cuanto al análisis de vías aéreas en la radiografía lateral de cráneo muchas veces llega a ser limitante, puesto que las superposiciones que normalmente se logran observar se pueden confundir con obstrucciones; en cambio en la Tomografía Cone-Beam con ayuda del software especializado es posible circular a través de toda la vía aérea para descartar la presencia de obstrucciones.

También al realizar el análisis de tejidos blandos (ver fig. 25) es posible manipular el software de manera tal que sean visibles tanto tejidos duros y tejidos blandos con una alta fidelidad.

Fuente: Swennen G.R.J. Three-Dimensional Cephalometry, 2006

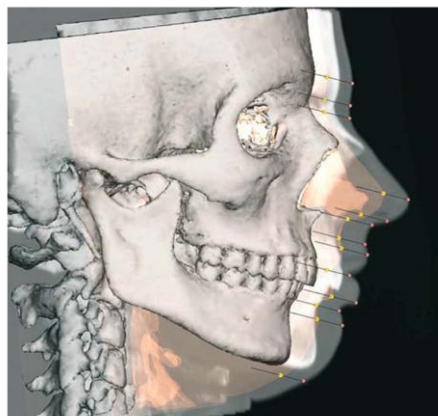


Figura 25. Análisis de tejidos blandos en la cefalometría tridimensional.

### 7.3 Radiografía Postero Anterior Convencional versus Tomografía Cone-Beam.

La radiografía postero anterior convencional es útil en casos en los que se presenten asimetrías faciales y para evaluar posibles discrepancias óseas y dentarias en sentido transversal<sup>19</sup>. De la misma manera que en la radiografía lateral de cráneo, es importante que no exista una mala posición de la cabeza del paciente al momento de la toma de la radiografía, pues de ser así existirán falsas discrepancias en la misma. En comparación con la Tomografía Cone-Beam (ver fig. 26), la posición de la cabeza no influye en las mediciones realizadas.



Figura 26. Comparación de una vista frontal de una Tomografía Cone-Beam y una Radiografía Postero Anterior convencional.

### 7.4 Tomografía Computarizada Convencional versus Tomografía Cone-Beam

A pesar de los avances significativos en otros aspectos de la tecnología de Tomografía Computarizada Convencional, la dosis de radiación se ha mantenido esencialmente sin cambios; por esta razón y por aquellas relacionadas con los costos, el acceso y la dosis de radiación, el empleo de la Tomografía Computarizada Convencional en Odontología se ha mantenido reducido. Sin embargo, ésta situación está evolucionando rápidamente con la llegada a la odontología de la Tomografía Cone-Beam<sup>7</sup>.

Otra diferencia es el haz de rayos X, que en la Tomografía Computarizada Convencional tiene forma de abanico y en la Tomografía Cone-Beam es

cónico lo que se traduce en un menor tiempo en el escaneo; por lo tanto menor dosis de radiación para el paciente. Además en la mayoría de los equipos de Tomografía Cone-Beam el paciente es escaneado en posición vertical y consecuentemente hay menos distorsión de los tejidos blandos en comparación con la Tomografía Computarizada Convencional en donde el paciente es posicionado de forma supina<sup>20</sup> y generalmente se tiene una posición retruída de la mandíbula.

Otra limitación de la Tomografía Computarizada Convencional en comparación con la Tomografía Cone-Beam es que entre corte y corte del escaneo de la primera, se produce un espacio, dicho espacio es interpolado matemáticamente por el computador, lo que en algunos casos genera imágenes defectuosas<sup>1</sup>.



## CAPÍTULO VIII

### Cone-Beam y la estereolitografía como herramienta en el diagnóstico en Ortodoncia

La estereolitografía es una nueva técnica utilizada desde mediados de la década de los ochenta que consiste en la realización de estructuras, prototipos o modelos físicos sólidos tridimensionales, en tamaño real o a escala; siendo éstos de alta precisión y exactitud. Todo esto mediante el procesamiento de los datos obtenidos de la Tomografía Cone-Beam de los pacientes y mediante un sistema informático.

El primer equipo fue desarrollado por Charle Hull, de origen norteamericano, en el año 1988, y en 1992 aparecen los primeros sistemas selectivos por Láser e impresoras en tercera dimensión, fabricando así modelos tridimensionales por capas en diversos materiales de manera rápida y económica; tales como: el sulfato de calcio dihidratado, materiales poliméricos (*ver fig. 27*) del tipo de las resinas líquidas fotopolimerizadas mediante radiaciones láser o luces ultravioletas, mezclas para formar composites de diferentes materiales poliméricos mezclando diferentes monómeros polifuncionales de distintos pesos moleculares tales como cianoacrilatos o poliuretanos con sus respectivos fotoiniciadores; para brindarles mayor dureza o de mayor flexibilidad dependiendo el fin para el que se haya diseñado<sup>22</sup>.

Fuente: Revista Cient. Dent. 2006; 3: 2

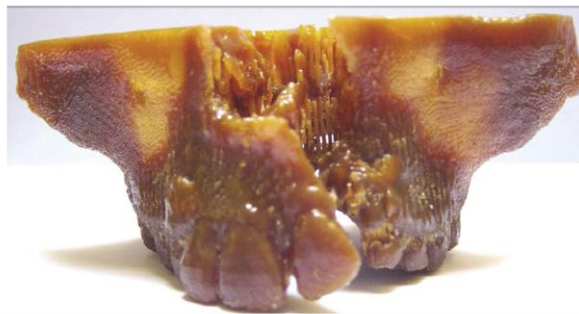


Figura 27. Estereolitografía hecho de material polimérico, reproduciendo una fisura palatina.

También se utilizan resinas epoxi, acrílicos, metacrilatos, plásticos, plásticos reforzados con partículas de aluminio, cerámicos y aleaciones metálicas<sup>21</sup>.

La industria del prototipo comenzó su desarrollo entre el instituto de Massachussets; en Estados Unidos y empresas privadas. El sistema más difundido es el basado en la construcción de modelos con fotopolímeros con tecnología láser<sup>21</sup>.

La estereolitografía tiene sus orígenes en los sistemas de diseño y elaboración asistidos por computadora, *Computer Aid Design* y *Computer Aid Manufacturing*(*CAD / CAM*)<sup>21</sup>.

La estereolitografía en México se inicia a nivel de diseño en Ingeniería en la década de los 90 y poco después es introducida al área médica<sup>22</sup>.

La estereolitografía se produce con ayuda de la Tomografía en tercera dimensión, los datos obtenidos de la misma se recogen y son transportados a los tres planos espaciales para realizar representaciones tridimensionales. Asimismo, se pueden observar de una manera fehaciente la anatomía, la forma en que están dispuestos los diferentes órganos, las zonas vitales, anomalías, tamaño y forma de una serie de estructuras en las que se puedan realizar todo tipo de mediciones.

Con toda esto se genera un modelo en tres dimensiones (*ver fig. 28*) a tamaño real, sólido y con una fiabilidad del 99%<sup>21</sup>.

Fuente: [http://dentometric.blogspot.com/2011\\_05\\_01\\_archive.html](http://dentometric.blogspot.com/2011_05_01_archive.html)



Figura 28. Modelo obtenido por estereolitografía en sus tres dimensiones.

Sus aplicaciones han sido la ingeniería aeroespacial, industrias de automoción y para organismos gubernamentales; sin embargo, hoy día presenta numerosas aplicaciones como las que encontramos en ingeniería, diseño, arquitectura, para evaluar diseños y ergonomía, en medicina, paleontología biomecánica, marketing, juguetería, arte y joyería, en facultades e institutos de investigación; también para manufacturas de herramientas, para la realización de modelos experimentales, etc., siendo todas ellas de alta resolución y abarcando ya todas las áreas del conocimiento, de la ciencia y la tecnología<sup>21</sup>.

Algunas de las múltiples aplicaciones que se le pueden dar a la estereolitografía en el área de la salud son:

- ❖ En la especialidad de traumatología, para la realización de injertos y reconstrucciones de defectos óseos de diversa etiología como reconstrucciones traumáticas, accidentales, por fracturas, por neoplasias, quirúrgicas, por motivos estéticos, etc.<sup>21</sup>.
- ❖ Cirugía vascular, como por ejemplo en las estenosis aórticas, válvulas cardiopulmonares, alteraciones vasculares, neurocirugías, etc.<sup>21</sup>.

- ❖ En oftalmología, urología, otorrinolaringología, medicina forense, ortopedia, etc., y en un futuro muy próximo en muchas otras especialidades<sup>21</sup>.
- ❖ En el campo de la odontología se utiliza con gran éxito en las anomalías dentofaciales, en estudios de crecimiento del macizo maxilofacial e implantología <sup>21</sup>. Además en el área de cirugía maxilofacial, prótesis maxilofacial, ortodoncia, odontopediatría, patología, prótesis bucal, periodoncia, materiales dentales y endodoncia<sup>22</sup>.
- ❖ En reconstrucciones óseas, en restauraciones dentales, en malformaciones de cabeza, cara y cuello, en cirugías estéticas y maxilofaciales de diversa etiología<sup>21</sup>.

Dentro de las ventajas que presenta la estereolitografía podemos mencionar que se pueden hacer predicciones quirúrgicas, en donde también se reducen los tiempos en intervenciones con un aumento en el éxito de los tratamientos realizados.

Por otro lado sirven también como registros físicos para añadir a la historia clínica de los pacientes<sup>21</sup>, facilita la información y entendimiento de los pacientes sobre el diagnóstico.

La estereolitografía en el área de la odontología es una herramienta valiosa para el diagnóstico, pronóstico y un adecuado plan de tratamiento.

Las desventajas que se le pueden adjudicar a este estudio es que su costo es elevado.

## CAPÍTULO IX

### OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer el uso y manejo de la Tomografía Cone-Beam, como herramienta eficaz para el diagnóstico en Ortodoncia.

#### 9.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Introducir el estudio de la Tomografía Cone-Beam, haciendo un recuento en su evolución y desarrollo.
- ❖ Enlistar las características, ventajas y desventajas de la Tomografía Cone-Beam como herramienta eficaz para el diagnóstico en Ortodoncia.
- ❖ Mostrar la importancia de realizar el diagnóstico de un paciente a partir de un estudio tridimensional basado en cefalometría tridimensional.
- ❖ Valorar la estereolitografía como un importante elemento de diagnóstico a partir de la imagen tridimensional.

## CAPÍTULO X

### Conclusiones

La Tomografía Cone-Beam es de una tecnología de gran innovación. Aunque aún no tiene el auge deseado dentro del entorno odontológico, poco a poco va introduciéndose debido a la necesidad de un diagnóstico más exacto, lo que pronto hará que sea utilizado como un medio diagnóstico habitual.

Todo Cirujano Dentista tiene la responsabilidad de estar constantemente actualizado acerca de los materiales y de lo que la tecnología ofrece hoy en día como ayuda diagnóstica de su área.

Es bien sabido que, al obtener un buen diagnóstico preciso y oportuno, de la misma manera se podrá brindar un adecuado pronóstico y un tratamiento eficaz.

Este sistema de Tomografía Computarizada Cone-Beam tiene como principio corregir distorsiones e inestabilidades de las imágenes, posibilitando así una mejor visualización y exactitud de las estructuras a tratar.

La realización de un trazado cefalométrico tridimensional nos permite considerar asimetrías en los pacientes y deformidades mayores por lo que el diagnóstico es más exacto.

De este modo se puede afirmar que la Tomografía en tercera dimensión es una herramienta de mucha utilidad en el área Ortodóntica como tal, puesto que se ha visto que los métodos convencionales aún tienen limitaciones lo que hacen de este sistema una excelente opción a elegir.

## CAPÍTULO XI

### Discusión

Se ha tenido gran controversia en cuanto a la Tomografía Cone-Beam como una opción de auxiliar de diagnóstico preciso y confiable.

Pueden existir algunos factores que producen errores que afectan la calidad de la imagen, en el 2005, Létoumeau y colaboradores<sup>8</sup> estudiaron el error residual de acceso, magnitud y estabilidad de la Tomografía Cone-Beam y concluyeron que el error puede ocurrir por una limitada precisión mecánica y por movimientos del paciente; en el 2009 Brown<sup>23</sup> menciona que la precisión de las distancias medidas entre los puntos de referencia tridimensionales en pacientes reales, puede ser afectada en la reducción de la calidad de la imagen debido a la atenuación de tejidos blandos, los artefactos metálicos y también menciona que los movimientos del paciente, son factores importantes causantes de estos errores. En cuanto a que los artefactos metálicos influyen en la calidad de la imagen, Scarfe en el año 2006<sup>6</sup> en su artículo menciona que, con la fabricación de algoritmos de supresión de artefactos, el aumento del número de proyecciones y su experiencia clínica; se ha demostrado que con la Tomografía Cone-Beam se ha obtenido un bajo nivel de distorsión de la imagen por dichos artefactos metálicos, sobre todo en reconstrucciones secundarias diseñadas para la visualización de los dientes y la mandíbula.

Se afirma que el método de diagnóstico en segunda dimensión (2D); es decir la radiografía convencional, se encuentra ya obsoleta y que la cefalometría futura será exclusivamente en tercera dimensión (3D)<sup>14</sup>. Actualmente la Tomografía Cone-Beam sigue siendo un estudio con poca demanda ya que el acceso de los pacientes a este examen, aún es

limitado, pues en comparación con los estudios convencionales es considerado elevadamente costoso, pero Yitschaky<sup>14</sup> en su artículo menciona que la invención de éstas nuevas técnicas imagenológicas permite mejorar las imágenes en 3D a costos más bajos. Otra de las causas por las que este sistema de Tomografía en tercera dimensión no es tan solicitada es porque el Cirujano Dentista no tiene el conocimiento y manejo necesario de esta técnica radiográfica que la tecnología ofrece hoy en día.

Nielsen y colaboradores<sup>24</sup> además de admitir que la Tomografía Cone-Beam proporciona imágenes con resoluciones submilimétricas de alta calidad y excelente visualización, también afirma que la realización de los cortes son en intervalos de tiempo disminuidos y que la exposición a la radiación es quince veces menor comparada con la Tomografía Convencional, de la misma manera Rogers<sup>25</sup> refiere que la Tomografía Cone-Beam ofrece grandes ventajas sobre los métodos radiográficos convencionales en cuanto a que produce una excelente resolución submilimétrica y una dosis de radiación marcadamente disminuida.

Scarfe menciona que la Tomografía Cone-Beam tiene múltiples ventajas si se es comparada con la Tomografía Convencional, afirmando que existe una mayor calidad de análisis si se utiliza la tercera dimensión como herramienta de diagnóstico<sup>6</sup>.



## CAPÍTULO XII

### Fuentes de Información

1. Urzúa R. Técnicas radiográficas dentales y maxilofaciales. Editorial Amolca. Colombia 2005. Pp. 234-276.
2. Santana T., Carvalho R., Arias A., De Oliveira E., Frazão M., Amorim A. The use of cone beam computed tomography in dentistry. *Odontol. Clín-Cient.* 2010; 9: 4: 1-11.
3. Bosch O.E., Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la Tomografía Computada, su contribución a la medicina moderna. *Rev. Chil. Radiología.* 2004; 10: 4: 183-185.
4. Freitas A., Souza F. Radiología odontológica. Editora Artes Médicas de Latinoamérica. Sao Paulo, Brasil. 2002.Pp. 681-687.
5. Chung H.K., Abramovitch K., Galal S., Bozic M., Cone Beam CT of the head and neck an anatomical atlas. Editorial Springer. USA. 2010. Pp. 2-8.
6. Scarfe W., Farman A., Sukovik P. Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice. *J. Can. Dent. Assoc.* 2006; 72: 1: 75-80.
7. Graber T.M. Ortodoncia: Principios y técnicas actuales. 1ª edición. Editorial Elsevier. España. 2006. Pp. 74-77.
8. Frigi C., Gómez C., Mitsunari W., De Melo J., Medici E., Leonelli M. E. Importancia y Aplicaciones del Sistema de Tomografía Computarizada Cone-beam (CBCT). *Act. Odontol. Ven.* 2007; 45: 4: 1-8.
9. White S.C., Pae E. K., Patient Image Selection Criteria for Cone Beam Computed Tomography Imaging. *Semin Orthod.* 2009; 15: 1: 19-28.
10. Swennen G. R., Schutyser F., Three-dimensional cephalometry: Spiral-multislice vs cone-beam computed tomography. *Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.* 2006; 130: 3: 410-416.

11. Echarri. Diagnóstico en Ortodoncia. 1ª edición. Editorial Quintessence. S.L. Barcelona. 1998. Pp. 225-232.
12. Kau .H., Richmond S., Palomo J. M., Hans M.G., Current products and practice three - dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. J. Orthod. 2005; 32: 282-293.
13. Swennen G.R.J., Schutyser F., Hausamen J. E. Three-Dimensional Cephalometry. Editorial Springer. Germany. 2006. Pp. 20-250
14. Yitschaky O., Redlich M., Abed Y., Faerman M., Casap N., Hiller N. Comparison of common hard tissue cephalometric measurements between computed tomography 3D reconstruction and conventional 2D cephalometric images. Angle. Orthod. 2011; 8: 1: 13-16.
15. Rabi G, Gómez B, Ramírez E, Rudolph M, Guzmán CL. Orthopantomography *versus* Cone Beam CT in the canine mesiodistal angle measuring, in 29 patients in the final phase of orthodontics treatment. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2010; 21:2: 198-207.
16. Navarro I., Carr D., Brenes C. Nueva Tecnología para Imágenes Diagnósticas: Tomografía Computarizada con imágenes volumétricas una herramienta diagnóstica para prevenir complicaciones y realizar tratamientos predecibles (Cone Beam). Rev. Den. Emp. 2010: 8-17 hallado en: <http://digidentcr.com/revista.pdf>.
17. Frazão B., Nadier M., Manzi F. R., Brooks S. L., McNamara Jr J., From 2D to 3D: an algorithm to derive normal values for 3-dimensional computerized assessment. Angle Orthod. 2011; 81: 1: 3-10.
18. Zamora N., Llamas J.M., Cibrián R., Gandia J. L., Paredes V. Cephalometric measurements from 3D reconstructed images compared with conventional 2D images. Angle. Orthod. 2011; 00: 0: 1-8.
19. Jimenez E. Diagnóstico Clínico en Ortodoncia. Rev. Mex. Odontol. Clin. 2008; 2: 9: 14-17.
20. Merret S., Drage N.A., Durning P. Cone beam computed tomography: a useful tool in diagnosis and treatment planning. J.Orthod. 2009;36, 202–210.

21. Álvarez C., Carrillo J.S., Fernández J., Grille C. Avances en equipamientos: la Esterolitografía y sus materiales, un paso hacia el futuro. *Cient. Dent.* 2006; 3: 2: 151-156.
22. Jimenez R., Benavides A., La Estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. *Rev. Odontol. Mex.* 2005; 9: 1: 48-50.
23. Brown A. A., Scarfe W.C., Scheetz J.P., Silveira A. M., Farman A. G. Linear Accuracy of Cone Beam CT Derived 3D Images. *Angle Orthod.* 2009; 79: 150-157.
24. Nielsen T., Manzke R., Cardiac cone-beam CT volumen reconstruction using Art. *Med. Phys.* 2005; 32: 4: 851-860.
25. Rogers S. A., Drage N., Durning P. Incidental findings arising with cone beam computed tomography imaging of the orthodontic patient. *Angle Orthod.* 2010; 81: 350-355.