



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RADIACIÓN ABSORBIDA POR EL PACIENTE EN LA
TOMA DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE
BEAM EN COMPARACIÓN CON RADIOLOGÍA DIGITAL.

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:

DIANA FABIOLA MARÍN VALENCIA

TUTOR: Esp. MARINO CRISPÍN AQUINO IGNACIO

ASESORA: C.D. VANIA PAMELA RAMÍREZ GUTIÉRREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 ser parte de mi vida, por acompañarme siempre y por todas las bendiciones que me ha dado.*
- ☀ *A mis padres, por ser mi ejemplo, por decirme tú puedes, por confiar en mí. Los amo muchísimo:*
 - ☀ *A ti papá por enseñarme que puedo lograr lo que me proponga, por nunca ponerme barreras en las cosas que quiero hacer, por tu apoyo y tu cariño... gracias.*
 - ☀ *A ti mamá por ser mi angelito y siempre preocuparte por mí, por estar conmigo en cada paso de mi vida apoyándome siempre y demostrarme tu confianza... gracias.*
- ☀ *A mis hermanas Carmen y Yess por crecer junto a mí y dejarme ser un ejemplo para ustedes, espero no haberles fallado las quiero muchísimo gorditas.*
- ☀ *A mis sobrinos Emi y Gery los adoro enanos, gracias por permitirme ser su tía y darme un poquito de alegría en estos días de estrés.*
- ☀ *A ti Emmanuel, por estar junto a mí durante toda mi Licenciatura, por ser mi amigo, mi apoyo, mi amor, por preocuparte por mí, por estar conmigo en las buenas y malas y por tu ayuda durante este trabajo... muchas gracias amor, te amo.*
- ☀ *Un agradecimiento especial a mi tío Vicky (D.E.P.), que aunque ya no puedo estar conmigo en este momento, fue una base para que pudiera llegar aquí.*
- ☀ *A las locas de mis amigas Lili, Yaz y Susa porque sin su amistad no habría sido lo mismo, las quiero burras. A Sandy, Ana y Vivian porque aprendí muchísimas cosas con ustedes, gracias por la amistad que me han brindado.*
- ☀ *A mis profesores, por darme las bases para realizar una Licenciatura.*
- ☀ *A mi tutor, el Dr. Aquino y a mi asesora, la Dra. Vania por ayudarme a la realización de este trabajo y por ser pacientes conmigo... muchísimas Gracias.*
- ☀ *A la Maestra Patricia Avilés, porque sin su ayuda no habría sido posible la realización de este proyecto y por ser tan amable conmigo, muchísimas gracias.*
- ☀ *Al Taller de Física de Radiaciones de la Facultad de Ciencias y en particular al Proyecto PAPIIME PE106111.*

*Dios Los Bendiga
Diana Fabiola*

Índice

Introducción	5
--------------------	---

CAPÍTULO I LA RADIACIÓN Y SUS EFECTOS BIOLÓGICOS

1. Radiación	7
1.1. Radiación electromagnética	7
1.1.1. Radiación ionizante y no ionizante	8
1.2. Radiación por partículas	9
1.3. Unidades métricas de radiación	10
2. Radiobiología	13
2.1. Efectos biológicos y riesgos asociados con los rayos X	16
2.2. Protección contra la radiación.....	23
2.3. Norma Oficial Mexicana 229.....	25
3. Dosimetría	27
3.1. Dosimetría termoluminiscente (TLD)	28
3.2. Procedimiento para la obtención de datos de TLD	30

CAPÍTULO II RADIACIÓN ABSORBIDA POR EL PACIENTE EN LA TOMA DE ORTOPANTOMOGRAFÍA DIGITAL

4. Ortopantomografía	32
4.1. ventajas y desventajas.....	34
5. Descripción del estudio de radiación dispersa en el Ortopantomógrafo digital.....	36
5.1. Resultados de la dosis dispersa en la primera colocación de dosímetros.....	40
5.2. Resultados de la dosis dispersa en la segunda colocación de dosímetros.....	41
6. Comparación de resultados.....	42

7. Descripción del estudio de radiación directa en el Ortopantomógrafo digital	42
7.1. Resultados de la dosis directa con la utilización de un maniquí	46

CAPÍTULO III RADIACIÓN ABSORBIDA POR EL PACIENTE EN LA TOMA DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM

8. Tomografía	49
9. Tomografía Computarizada Cone Beam... ..	50
9.1 Ventajas y desventajas... ..	52
10. Descripción del estudio de radiación dispersa en el Tomógrafo Cone Beam.....	53
10.1. Resultados de la dosis dispersa en la primera colocación de dosímetros... ..	56
10.2. Resultados de la dosis dispersa en la segunda colocación de dosímetros... ..	57
11. Comparación de resultados	58
12. Descripción del estudio de radiación directa en el Tomógrafo Cone Beam.....	58
12.1. Resultados de la dosis directa con la utilización de un maniquí ..	61

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

13. Comparación de resultados de dosis directa y dispersa entre el Ortopantomógrafo Digital y el Tomógrafo Cone Beam	64
14. Conclusiones.....	67
15. Bibliografía	68

Introducción

En la actualidad existen diferentes tipos de estudios radiográficos. En el campo odontológico entre las más utilizadas están la Ortopantomografía y la Tomografía Computarizada Cone Beam. Esta última es hoy en día una gran herramienta para la evaluación, diagnóstico y planificación de tratamiento en el área odontológica y médica, que permite conseguir imágenes en diferentes planos y así profundizar más en la anatomía y patologías, al igual que facilita la realización de reconstrucciones tridimensionales. Sin embargo, muchos expertos en la radiación dental se han alarmado sobre su uso indiscriminado ya que muchos especialistas están recurriendo a este nuevo tipo de estudio que no entienden por completo dejando atrás a la ortopantomografía, siendo esta muy buena como auxiliar de diagnóstico, cada una de ellas tiene sus indicaciones, ventajas y desventajas.

Debido a su utilización constante en el área odontológica son la base de nuestro estudio, para observar la radiación que puede llegar a absorber un paciente al momento de ser sometido a dichas radiografías.

Para la realización de éste estudio se contó con la colaboración de la Mtra. Patricia Avilés del Taller de Física de Radiaciones de la Facultad de Ciencias de la UNAM. La medición de la radiación se llevó a cabo en el Departamento de Imagenología ubicado en los Estudios Superiores de Posgrado de Odontología de la UNAM, el cual contaba con Ortopantomógrafo digital y Tomógrafo Cone Beam.

Se utilizaron dosímetros termoluminiscentes TLD -100 y se realizó un procedimiento para medir la radiación dispersa cerca del paciente y otro para medir la radiación directa en el paciente.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la cantidad de radiación que absorbe el paciente al ser sometido a estos tipos de radiografías y así poder optar por la que nos ofrecerá una mejor alternativa para dar un buen diagnóstico y no realizar estudios radiográficos que al final no se ocuparán, haciendo que el paciente se exponga a una radiación innecesaria.

Capítulo I

La Radiación y sus efectos biológicos

Al escuchar la palabra radiación pensamos en el cáncer de piel por la exposición solar o en las bombas atómicas, pero no es todo lo que engloba esta palabra, existen diferentes tipos de radiación las cuales se explicaran en este capítulo.

1. Radiación

La radiación es la transmisión de la energía a través del espacio y la materia.¹ Existen dos tipos de radiación; la electromagnética y la radiación en partículas.

1.1 Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética es un movimiento de energía por medio de un espacio cuando se combinan los campos eléctricos y magnéticos; ésta se genera cuando se altera la velocidad de una partícula cargada eléctricamente¹. Éste tipo de radiación es característica de los rayos X, rayos gamma, los rayos ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, las microondas y las ondas de radio que se pueden observar en un espectro electromagnético (Fig. 1).

¹ Stuart C. White. Radiología oral principios e interpretación. 4ta edición. Madrid, España. Ediciones Harcourt. 2002

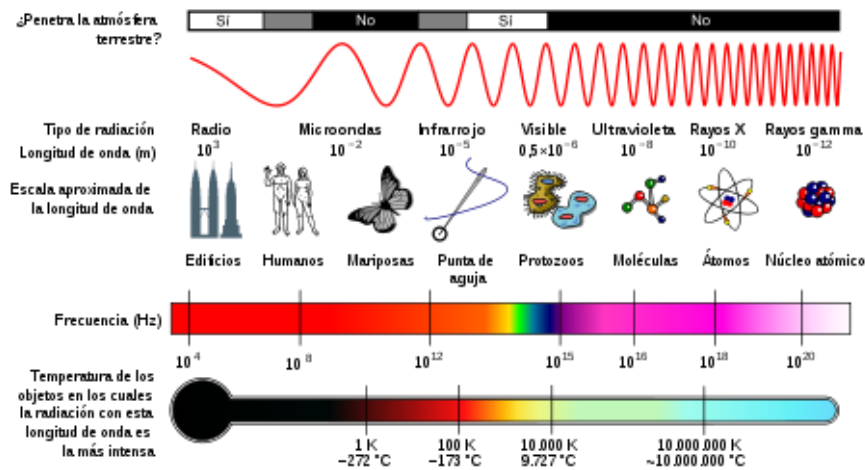


Fig.1 Espectro electromagnético²

1.1.1 Radiación ionizante y no ionizante

El espectro electromagnético nos permite observar gráficamente los tipos de frecuencias de energía que existen, la más conocida es la luz visible que es la que divide la radiación ionizante de la no ionizante.

La no ionizante engloba toda la radiación que no tiene una suficiente energía para ionizar la materia. Quiere decir que es incapaz de transmitir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones. Al igual que cualquier forma de energía, éste tipo de radiación tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, pero se suele considerar más benigna. Entre éste tipo de radiación se encuentra las ondas de radio, las microondas, la radiación infrarroja y la luz visible.

Las radiaciones ionizantes son fotones o partículas emitidas que poseen la energía suficiente para poder ionizar átomos o moléculas. Este tipo de radiación tiene una importancia mayor ya que suele tener efectos biológicos y alterar la salud. Entre este tipo de radiación tenemos a los

² Wikipedia la enciclopedia libre. Espectro electromagnético. Fecha de consulta de la imagen [8 de octubre del 2012]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico

rayos gamma y los rayos x. Debido a esto, nos enfocaremos a éste tipo de radiación.



Fig. 2 Espectro electromagnético en el que se pueden observar la radiación ionizante y no ionizante.³

1.2 Radiación por partículas

La radiación a través de partículas consiste en núcleos atómicos o partículas subatómicas que se mueven a gran velocidad.

Los rayos alfa, beta y catódicos, son ejemplos de éste tipo de radiación.

Los rayos alfa son resultado de la descomposición de muchos elementos radiactivos. Debido a su carga doble y a su gran masa, ionizan totalmente la materia que atraviesan, por ésta razón, ceden rápidamente su energía y solo penetran unas pocas micras en los tejidos corporales.

Los rayos beta y los rayos catódicos son electrones que viajan a alta velocidad. Los rayos beta son emitidos por núcleos radiactivos y los catódicos por dispositivos fabricados como son los tubos de rayos x.

Las partículas beta son utilizadas en radioterapia para el tratamiento de lesiones cutáneas.

³ Estrés, ansiedad y depresión: otras causas y efectos. Fecha de consulta de la imagen [8 de octubre del 2012]. Disponible en: <http://conmigo8.blogspot.mx/2010/04/estres-ansiedad-depresion.html>

1.3 Unidades métricas de radiación

La radiación en grandes cantidades puede causar cierto grado de efectos en nuestro organismo, es bueno saber cuál es el límite de radiación que podemos recibir sin tener ningún daño. Como odontólogos, estamos en contacto con la radiación emitida por los rayos X y exponemos a nuestros pacientes a estudios radiográficos que en ocasiones no son necesarios. Por lo que deberíamos tener en mente varios factores, como la situación económica, tratamiento que posiblemente vaya a seguir, cuál sería la mejor radiografía para dicho fin, y porque no, la radiación que el paciente recibirá.

Para medir la radiación emitida por los rayos X existen diferentes tipos de unidades métricas, las cuales se expondrán a continuación.

Unidades de exposición

Roetgenio (R): se define como la exposición producida por un haz de radiación X o gamma que es absorbida en 1cm^3 de aire seco (1.293 mg de peso) a 0°C y 760 mmHg.

Nombre	Tasa de dosis	Equivalente	SI Culombio/ kilogramo (C/Kg)
Roetgenio (R)	R/h R/h.m	1R= 98 ergios / gramo de tejido 1 cGy	1C/ Kg= 3876 R

Unidades de absorción

Rad: es la cantidad de radiación que deposita 100 ergios/ gr de tejido biológico en la práctica clínica habitual se ha considerado que un R es igual a 1 Rad para rayos x y rayos gamma.⁴

Nombre	Tasa de dosis	Equivalente	SI
Rad	Rad	1rad= 100 ergios/ gramo	Gray (Gy) 1 Gy= 100 rad 1cGy= 1 rad 1mGy= 0.1 rad

Gray (Gy): mide la radiación absorbida por un determinado material.

1 Gy = 100 rad
1 Gy = 1 Sv

Unidades de equivalencia

Rem: es la cantidad de radiación ionizante de cualquier tipo (alfa, beta, x, etc.) que tienen el mismo efecto biológico que un rad de rayos x producido por 200 keV.⁴

⁴Miguel Alcaraz Baños. Tema 3 unidades radiológicas.[Fecha de consulta 3 de septiembre 2012].Disponible en:
webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?id...cache...lectura_3.pdf

Nombre	Tasa de dosis	Equivalente	SI Sievert (Sv)
Rem	Rem	1rad = 1 rem	1 Sv= 100 rem 1cSv= 1 rem 1mSv= 0.1 rem 10 mSv= 1 rem

Sievert (Sv): mide la dosis de absorción y su dosis de radiación su equivalente es de 100 rem.

Nombre	Tasa de dosis	Equivalente	SI
Sievert	Sv	1 Sv= 100 rem	1Sv = 100 rem 1 cSv = 1 rem 1mSv= 0.1 rem

2 Radiobiología

Hoy en día podemos observar diversas consecuencias de las radiaciones, no solo las causadas por los rayos x o los rayos gamma que son de tipo ionizante y tienen mayor poder de penetración, sino también las causadas por el medio en el que nos desarrollamos, refiriéndonos al sol (radiación UV).

La radiobiología es la ciencia que estudia los usos y los efectos de las radiaciones en el cuerpo humano y los tejidos vivos. Estos efectos pueden ser físicos, químicos o ambos.

Las radiaciones en base a la afección que produce a las células se clasifican en efectos directos e indirectos:

- El efecto directo: Es aquel que tiene respuesta inmediata sobre la molécula.
- El efecto indirecto: Es aquel que logra sus efectos nocivos mediante una descomposición química de varios sistemas enzimáticos.

Regularmente las células mueren, debido a las radiaciones por lo que el grado de alteración celular dependerá del tipo y la cantidad de radiación.

Existen tejidos con mayor susceptibilidad a la radiación, los cuales se mencionan en la siguiente tabla⁵:

⁵Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

Células precursoras o formadoras de componentes sanguíneos
Órganos reproductores
Hueso y tejido glandular
Epitelio del tracto digestivo
Piel y músculos
Tejido nervioso

En este cuadro se pueden observar tejidos de cavidad bucal y su grado de radio sensibilidad:⁶

Intensidad	Efecto
Alta radio sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Médula ósea • Células basales de la membrana mucosa • Epitelio interno del esmalte de dientes en formación
Intermedia radio sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos capilares finos • Cartílago de crecimiento • Hueso de crecimiento • Células parénquimales de las glándulas salivales • Fibroblastos
Baja radio sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • nervios craneales • músculos • células superficiales de la membrana mucosa

⁶ Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

Todo tipo de daño por radiación tiene un período de latencia, lo cual se refiere al tiempo entre la exposición a la radiación y la expresión de síntomas.

Los efectos de las radiaciones sobre la célula pueden ser reversibles, irreversibles y condicionales, de acuerdo al daño adquirido y su habilidad para regresar a la normalidad.

Los **reversibles** se dan cuando las células son capaces de regresar a su estado inicial antes de su exposición a la radiación.

Los **Irreversibles** ocurren cuando hay cambios permanentes en la estructura celular.

Los **condicionales** son cuando las células están tan afectadas que una pequeña dosis de radiación evitará su regreso a la normalidad.

El efecto de las radiaciones por rayos x puede afectar las células en diferentes formas, y por lo tanto provocar lo siguiente:

- **Inhibición de la mitosis:** Se refiere al retraso en el proceso de la división celular dependiendo de la dosis suministrada.
- **Anomalías en los cromosomas:** Las radiaciones pueden ocasionar rupturas en los cromosomas. Normalmente estas rupturas son reparadas y no conllevan a ningún daño visible.
- **Mutaciones celulares:** Se refieren a cambios genéticos en una célula.
- **Muerte celular:** Puede ser producto de cambios en sus propiedades físicas y en la estructura vital de la célula, claros ejemplos son los linfocitos, ovocitos y los espermatozoides que mueren ante la exposición de unos cuantos rads.

2.1 Efectos biológicos de las radiaciones y riesgos asociados a los rayos x

Se pueden producir efectos biológicos a causa de una gran cantidad de radiación ionizante, los cuales se observan con mayor frecuencia en tratamientos de radioterapia, respecto al fin odontológico la radiación no es muy alta por lo tanto es muy raro encontrar algún tipo de lesión.

Los efectos biológicos los podemos dividir en somáticos y genéticos de acuerdo a las áreas afectadas por la radiación o también en estocástico y no estocástico de acuerdo a sus efectos y cantidad de dosis de radiación recibida.

○ Efectos somáticos

Son los que ocurren en individuos expuestos directamente a las radiaciones; estos a su vez se clasifican en efectos agudos y crónicos.

- Agudos: Se manifiestan en un periodo corto ya sean horas o días y la severidad de los efectos va depender de la dosis. Los efectos agudos son poco comunes sin embargo, un accidente nuclear puede llegar a afectar áreas extensas del cuerpo. En el área odontológica es poco probable que se puedan observar efectos agudos, debe de haber determinada exposición a la radiación para llegar a observar algún tipo de lesión como por ejemplo un eritema. Sin embargo, las reacciones de la piel varían entre individuos ya que regularmente se necesitan 2.5 Sv para que se pueda ocasionar un efecto.
- Crónicos: Aparecen cuando existen bajas dosis de radiación durante un periodo largo de tiempo.

El efecto de la radiación crónica en áreas extensas del cuerpo se llega a observar normalmente como riesgo ocupacional o como una exposición masiva en un grupo de población.

En odontología, el riesgo ocupacional está asociado a los operadores de los equipos de rayos x. La dosis máxima permisible establecida por el comité de producción de rayos x es de 1.2 R por semana, aunque actualmente la dosis máxima permisible es de 0.3 R por semana.⁷

Sin embargo la dosis total acumulada no debe ser mayor a 5 R por año.

La Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002 indica que la radiación anual para un riesgo ocupacional es de 50 mSv (5 rem).

Comúnmente los pacientes al momento del inicio de la radiación suelen referir nerviosismo y/o cansancio además de náuseas, vómitos y algún otro desorden gastrointestinal.

El efecto de la radiación crónica en áreas pequeñas del cuerpo se da por dosis bajas que irradian zonas específicas del cuerpo.

De acuerdo con Vimal K. Sikri, autor de *Fundamentos de Radiología Dental* la radiación crónica puede causar diferentes lesiones a nivel bucal:

- En la membrana mucosa de la cavidad bucal, se puede llegar a observar zonas eritematosas y con signos de inflamación como se puede observar en la figura 3. La *Candida albicans* es común en este cuadro.
- Las papilas gustativas son muy sensibles a las radiaciones y por lo tanto suele haber una reducción de la percepción de sabores.
- Las glándulas salivales pueden llegar a presentar una reducción en la secreción salival.

⁷Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

- En cuanto a los dientes, si son irradiados durante un proceso de desarrollo, puede existir un retraso en su erupción y si se irradia después de la calcificación pueden ocasionar malformaciones y erupción prematura.

Los dientes que han completado su formación son bastantes resistentes a las radiaciones de rayos x.



Fig. 3 Mucositis oral severa en paciente sometido a tratamiento de radioterapia y quimioterapia por cáncer de lengua en estadio IV, afectando lengua, piso de boca, labios y mucosa bucal bilateral.⁸

⁸ Mucosis efecto de la radiación. Fecha de consulta de la imagen: 20 de septiembre del 2012. Disponible en: <http://sobrevivecancer.blogspot.mx/2012/02/mucositis-efecto-de-la-radiacion.html>

- Efectos genéticos

Estos efectos se manifiestan en los hijos de los padres directamente afectados.

La mutación genética depende de la dosis de radiación para que haya algún tipo de efecto (Fig. 4). Por lo que las radiaciones ocasionan rupturas o fragmentaciones de los cromosomas y la mutación de las células sexuales.

El embrión humano es el más sensible a las radiaciones, especialmente entre los días 15 y 42 desde su concepción.⁹ La dosis a partir de la cual se acepta que comienza a aumentar el riesgo por encima de los valores usuales es de 0,1 a 0,2 Sv. También se han reportado efectos de esterilidad en personas expuestas a altas dosis de radiación.⁹ Por lo que generalmente se recomienda el uso de barreras de protección como lo es el mandil de plomo.



Fig. 4 Mutación por lluvia Radiactiva ¹⁰

⁹Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

¹⁰ Cesar Parra. Contaminación Radioactiva. 2011. Fecha de consulta de la imagen: 20 de septiembre del 2012. Disponible en:
<http://comunicash2011.blogspot.mx/2011/10/contaminacion-radactiva.html>

Como se mencionó anteriormente en cuanto a la clasificación de los daños adquiridos por radiación, también se encuentran estos efectos.

- Efecto estocástico

Este tipo de efecto es aleatorio, ya que puede aparecer o no tras la exposición a pequeñas dosis de radiación ionizante.

No necesitan una cantidad de dosis determinada para poder producirse, ya que este tipo de lesiones suelen aparecer tardíamente. Ejemplo de ello son los carcinomas, leucemias y efectos hereditarios.



Fig. 5 Paciente con cáncer¹¹

¹¹ María Fernanda Velarde Santamaría. Efectos estocásticos o no estocásticos. Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2012. Disponible en: <http://grupo1rbiologiarproteccion.wordpress.com/2012/03/20/radioterapia/>

- Efecto no estocástico

Para que se produzca este tipo de efecto se necesita una cantidad de dosis de radiación determinada por lo que la probabilidad de aparición de las lesiones es muy baja. Tenemos como ejemplo a las cataratas (Fig. 6) y a la infertilidad.

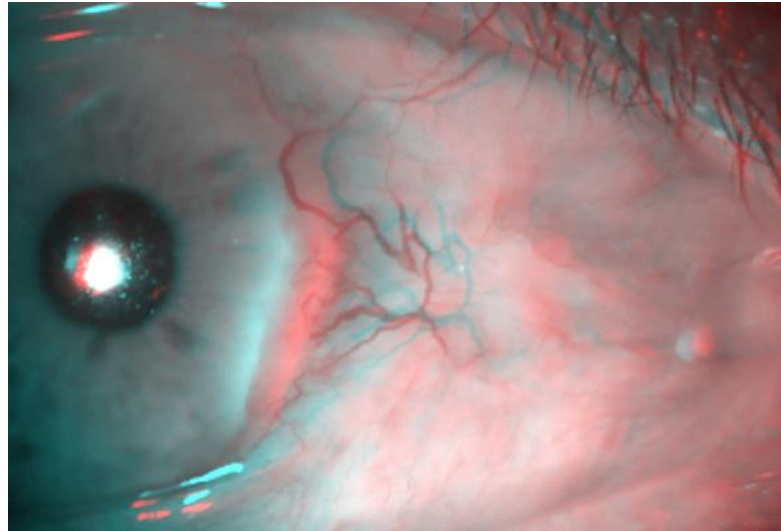


Fig. 6 ojo con cataratas por exposición a radioterapia ¹²

Para que se lleguen a producir estos efectos se debe tomar en cuenta un rango de radiación a la que cual es necesario estar en contacto. Para esto tenemos que saber el término de dosis letal (DL) el cual es utilizado para la comparación de la respuesta a la radiación.

El DL 50/30 equivale a la cantidad total de radiación necesaria para mutar al 50 % de los organismos vivientes en un periodo máximo de 30 días. La DL 50/30 para los seres humanos es de 400 a 600 rem.¹³

¹² Eyeimage. Quemaduras por beta radiación. Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2012. Disponible en: <http://www.eyeimage.net/archives/quemadura-por-beta-radiacion>

¹³Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

En el siguiente cuadro se describen algunos rangos de radiación y sus efectos¹⁴:

0 a 25 rem= no se observan efectos
25 a 50 rem = discrasias sanguíneas menores
50 a 200 rem = náuseas, la severidad aumenta con la dosis, no es letal
200 a 300 rem= tasa de 20 % de mortalidad después de 6 semanas.
400 a 700 rem= discrasias sanguíneas graves, letalidad total.
Más de 700 rem= cambios en el sistema nervioso central, muerte en algunas horas.

¹⁴Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

2.2 Protección contra la radiación

Ya que existen diferentes efectos al momento de radiarse, se debe considerar algún tipo de barrera protección para el cuidado de nuestra salud siendo pacientes o clínicos, por lo que es recomendable recordar la siguiente oración.

“Mientras menor radiación, mucho mejor”.

Para la protección a la radiación existen 3 parámetros básicos; blindaje, distancia y tiempo:

1. Blindaje: Mientras mayor sea el grosor de la barrera de blindaje, la tasa de exposición disminuye exponencialmente. Sin embargo es importante resaltar que es imposible lograr una completa atenuación a las radiaciones hasta un valor cero. El hierro, plomo, barita, paredes de concreto son ejemplos comunes de materiales de blindaje.

En el siguiente cuadro se observan los espesores de estos materiales y a cuanto equivalen entre ellos.

ESPESORES EQUIVALENTES ENTRE PLOMO, CONCRETO Y BARITA		
PLOMO (Densidad 11.34gr/cm ³)	CONCRETO (Densidad 2.35gr/cm ³)	BARITA (Densidad 3.25 gr/cm ³)
1 mm	8.1 cm	6.61 cm
1.5 mm	12.15 cm	9.92 cm
2 mm	16.20 cm	13.22 cm

2. Distancia: mientras mayor sea la distancia menor es la exposición
3. Tiempo: Mientras menor sea el tiempo de exposición, la dosis de radiación será menor.

Medidas de seguridad:

Aunque las medidas de protección previamente mencionadas sirven como guía para el público en general, dentro del área odontológica es

importante tener en mente los siguientes puntos para beneficio del paciente y el personal.

- El operador jamás debe sostener la película dentro de la boca del paciente.
- El tubo de rayos X no debe estar sostenido por el operador durante su funcionamiento.
- Se debe informar respecto a los riesgos y dar las barreras protectoras adecuadas a los trabajadores que operan las máquinas de rayos x.¹⁵



Fig. 7 material de protección radiológico¹⁶

¹⁵Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012

¹⁶ Fecha de consulta de la imagen: 20 de septiembre del 2012. Disponible en:
<http://www.maquinasmedicas.es.tl/>

2.3 Norma Oficial Mexicana 229

En México existen normas que mencionan tipos de protección y manejo radiológico. Una de estas normas es la NOM-229-SSA1-2002 la cual establece los criterios de diseño, construcción y conservación de las instalaciones fijas y móviles, los requisitos técnicos para la adquisición y vigilancia del funcionamiento de los equipos de diagnóstico médico con rayos x, los requisitos sanitarios, criterios y requisitos de protección radiológica.¹⁷

Los titulares responsables, asesores especializados en seguridad radiológica en establecimientos para diagnóstico médico que utilicen equipos generadores de radiación ionizante (rayos x) para su aplicación en seres humanos, son responsables por el cumplimiento de esta norma. Todo esto tiene como fin de garantizar protección al paciente, personas ocupacionalmente expuestas y público en general.

Esta norma es obligatoria en el territorio nacional para cualquier equipo ya sea fijo o móvil y establecimiento que proporcione servicio de rayos x, **quedando incluidos los estudios panorámicos dentales y excluidas las aplicaciones odontológicas convencionales y densitometría ósea.**

Entre las especificaciones existe una clausula, la cual indica la dosis límite que puede recibir una persona ocupacionalmente expuesta (POE):

NOM-229-SSA1-2002¹⁷

16. Límites de dosis

16.1 Las dosis de rayos X que reciban el POE y el público, con motivo de la operación de los establecimientos de diagnóstico médico con rayos X, deben mantenerse tan bajas como razonablemente pueda lograrse y estar siempre por debajo de los límites establecidos en los ordenamientos legales aplicables.

¹⁷NORMA Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002. Secretaria de salud. Disponible en: www.generoyaludreproductiva.gob.mx/.../110929_NOM-229-SSA1-2002.pdf

16.1.1 Para el POE, el límite del equivalente de dosis efectiva anual ($H_{E,L}$) para los efectos estocásticos es de 50 mSv (5 rem). Para los efectos deterministas es de 500 mSv (50 rem) independientemente de si los tejidos son irradiados en forma aislada o conjuntamente con otros órganos. Este límite no se aplica al cristalino, para el cual se establece un límite de 150 mSv (15 rem).

16.1.2 Las mujeres ocupacionalmente expuestas que se encuentren embarazadas sólo podrán trabajar en condiciones donde la irradiación se distribuya lo más uniformemente posible en el tiempo y que la probabilidad de que reciban un equivalente de dosis anual mayor de 15 mSv (1.5 rem) sea muy baja.

16.1.3 Los límites anuales de equivalente de dosis para individuos del público para efectos estocásticos es de 5 mSv (0.5 rem) y para los efectos deterministas es de 50 mSv (5 rem). Estos límites de dosis se aplican al grupo crítico de la población, o al individuo más expuesto.

16.2 Los límites establecidos no se aplican a los pacientes sometidos a estudios radiológicos.

16.3 Ninguna persona menor de 18 años puede formar parte del POE.

3 Dosimetría

La dosimetría es un tipo de protección y de alguna manera prevención que debería de ser utilizado por cualquier persona que está expuesta constantemente a algún tipo de radiación, en nuestro caso rayos X. Nosotros utilizaremos un tipo de dosimetría que se describirá más adelante llamada termoluminiscente, para llevar a cabo la medición de radiación absorbida en pacientes a los que se les tomo Tomografía Cone Beam y Ortopantomografía.

La dosimetría se define como el cálculo de la dosis absorbida en tejidos y materia como resultado de la exposición a la radiación ionizante, tanto de manera directa como indirecta.¹⁸

Esta lleva como mecanismo de medición al dosímetro.

El dosímetro es un dispositivo por el cual se evalúa la cantidad de exposición a la radiación externa a un individuo o de un ambiente.

Los dosímetros emplean distinto procedimiento en la medición de dosis.

Existen diferentes tipos de dosímetros; los de emulsiones fotográficas, termoluminiscentes, químicos y de bolsillo.

- Los de emulsiones fotográficas están constituidos por una pieza de film fotográfico y muy sensibles a la radiación.
- Los dosímetros termoluminiscentes funcionan como receptores de la radiación y después la liberan en forma de luz.
- Los dosímetros químicos y dosímetros de Fricke utilizan sustancias químicas que se transforman cuando son expuestas a radiación
- El dosímetro de bolsillo es utilizado principalmente por las personas encargadas del manejo de material radioactivo para protección radiológica.

¹⁸Dosimetría. Wiki pedía enciclopedia libre. [Fecha de Consulta: 21 de Agosto].
Disponibile en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Dosimetr%C3%ADa>



Fig. 8 Dosímetros personales¹⁹

3.1 Dosimetría termoluminiscente (TLD)

Profundizaremos en este tipo de dosimetría debido a que se ocupara para la medición de radiación del estudio que realizaremos, el cual se verá en los capítulos siguientes.

Como ya se explicó la dosimetría termoluminiscente es una técnica que se usa para la medición de radiación, ésta se basa en la utilización de cristales de fluoruro de litio TLD-100 cuyas propiedades físicas son equivalentes al tejido humano. Esta tecnología está basada en la propiedad de ciertos materiales irradiados que emiten luminiscencia al momento de ser sometidos a cambios químicos o físicos. La luminiscencia

¹⁹ Fecha de consulta de la imagen: 20 de septiembre del 2012. Disponible en: http://www.lcbei.tk/2011_12_01_archive.html

es proporcional a la dosis absorbida. La sensibilidad de cada cristal para cada tipo de radiación puede ser medida. Durante cada lectura, el cristal vuelve a su estado normal.

Para la formación de la curva termoluminiscente (TL) o también llamada curva de brillo, es necesaria la aplicación de calor que va implicar la desocupación de las trampas del cristal para que exista una emisión luminosa.

A la máxima intensidad de emisión luminosa en la curva TL se le conoce como pico TL. El hecho de que la luz emitida corresponda a fotones de diferentes energías da lugar a un registro de su intensidad en función de la longitud de onda de la misma, que se conoce como espectro de emisión TL²⁰, el cual puede presentar varios puntos de intensidad máxima.

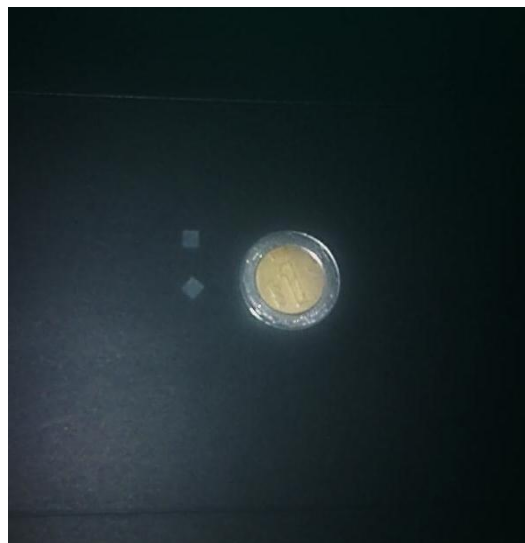


Fig. 9 Dosímetros termoluminiscentes en comparación con un peso mexicano

²⁰ Juan Azorín Nieto. La termoluminiscencia y sus aplicaciones. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa. Abril 2012

3.2 Procedimiento para la obtención de datos de TLD

El procesamiento de los datos de los dosímetros después de ser utilizados bajo cierta radiación se lleva de la siguiente manera.

Cuando un cristal TL con determinadas características definidas se utiliza durante un período, se puede determinar la dosis de radiación que recibió en el mismo por medio de la luz que emite.

Se debe calibrar el material TL con una radiación conocida, en nuestro caso se utilizó cobalto 60.

Antes de ser utilizado, este dosímetro es sometido al proceso térmico previo para limpiar las trampas del cristal que se descargan con temperaturas de 400° C por 1 hora y 100° C por 2 horas.

Después de ser irradiado se somete a un proceso de lectura en un lector especializado que calienta el cristal desde temperatura ambiente hasta 300° C con una tasa de calentamiento de 10°C por segundo.

Este proceso se da por emisión de energía en forma de luz visible.

Esa luz incide sobre la ventana de un fotomultiplicador asociado a un dispositivo electrónico que la convierte en la corriente eléctrica capturada por un condensador.

Se va formando la curva cuando llega a la temperatura del centro termoluminiscente y esta se puede observar en un computador.

Se puede llegar a una temperatura de hasta 600 °C para desactivar todos los centros TL.



Fig.10 Proceso de calentamiento para la formación de la curva de brillo.

Capítulo II

Radiación absorbida por el paciente en la toma de ortopantomografía digital

La ortopantomografía ha sido y sigue siendo una de las radiografías más utilizadas en el área odontológica debido a que en ella podemos apreciar estructuras maxilofaciales y dar un mejor diagnóstico al paciente. Por esta razón es parte de nuestro estudio.

4. Ortopantomografía

Fue creada por YrjöVeli Paatero en el año de 1949 al momento de colocar una película fuera de boca dentro de un chasis y el paciente en una silla giratoria, lo cual denominó pantomografía. Años más tarde se le dio el nombre de ortopantomografía.

La ortopantomografía es un tipo de examen radiológico que permite observar las estructuras bucales y maxilofaciales en una imagen plana. Se llegan a observar los cóndilos derecho e izquierdo, terceros molares, senos maxilares, los arcos cigomáticos y otras estructuras del tercio medio de la cara. Así que este tipo de estudio imagenológico nos brinda la posibilidad de hacer comparaciones en forma bilateral. Regularmente es utilizada para diagnóstico de ortodoncia, cirugía e implantología.

Los ortopantomógrafos se han ido transformando de ser convencional a ser digitalizado. Este último está basado en dos sistemas. En el primer sistema se utiliza el CCD (Charge Couple Device), este es un sensor que manda la imagen a un computador a éste sistema se le llama directo. En el segundo sistema se utilizan placas de fósforo fotoestimulables que

después de haber sido expuestas por Rayos x, se someten a un escáner para que se obtenga la imagen, a éste sistema se le llama indirecto.

Los pacientes a los que se les realiza éste tipo de estudio, suelen referir miedo al momento de una repetición, debido al tiempo en que tarda la toma. El BERT (Background Equivalent Radiation Time), que hace una comparación de la dosis efectiva recibida por una exposición a los rayos x en un tiempo dado con la dosis efectiva recibida como radiación natural de fondo²¹, indica que la dosis de una ortopantomografía es de 0.01 mSv. La dosis es muy baja ya que para que haya algún efecto, debería de ser de 2.5 Sv en adelante.



Fig. 11 Ortopantomógrafo digital

²¹ Ricardo Urzúa N. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales, Aplicaciones. Amolca. Colombia 2005

4. 1 Ventajas y Desventajas

La ortopantomografía, al igual que cualquier otro estudio imagenológico presenta ventajas y desventajas al momento de su toma y valoración.

Entre sus ventajas se puede considerar:²²

- La imagen se puede comprender con facilidad y nos ayuda al momento de explicarle al paciente.
- Tiene una colocación del paciente es sencilla y no requiere experiencia.
- La visualización de ambos lados de los maxilares es útil para la comparación, y a la hora de valorar fracturas.
- Es cómoda para el paciente
- Se muestra bien el suelo y las paredes mediales posteriores de los senos maxilares.
- La cabeza de ambos cóndilos se puede observar y facilita su comparación.
- La dosis de radiación (dosis efectiva) supone aproximadamente una quinta parte de una evaluación de boca completa con placas intraorales.
- La visualización global resulta útil para la valoración de situación periodontal y en evaluaciones ortodóncicas.
- Se puede valorar en la imagen varios tejidos, antes mencionados.

²² Erick Whaites. Fundamentos de radiología dental. 4ta edición. ElsevierMasson. España. 2008

Entre las desventajas tenemos²³:

- La imagen topográfica representa solo una sección del paciente.
- Las sombras aéreas y de partes blandas pueden superponerse a las estructuras de tejidos duros en estudio.
- Las sombras fantasmas pueden superponerse a las estructuras de tejidos duros en estudios.
- La técnica no resulta adecuada para niños de menos de seis años de edad o para algunos pacientes discapacitados por la duración del ciclo de exposición.
- El movimiento del paciente durante la exposición puede producir dificultades a la hora de interpretar la imagen.

²³Erick Whaites. Fundamentos de radiología dental. 4ta edición. ElsevierMasson. España. 2008

5. Descripción del estudio de radiación dispersa en el Ortopantomógrafo digital

Se realizó un estudio con el fin de obtener la dosis de radiación absorbida en pacientes al realizar la toma de una ortopantomografía, que consistió en medir la radiación dispersa.

Para su realización se colocaron 14 TLD-100, envueltos de 2 en 2 en paquetes (Fig. 12) durante 5 días y 10 días. Estos se pusieron en puntos estratégicos del aparato, tratando de que fuera lo más cercano al paciente, ya que no se podía colocar directamente por que podría dañar su estudio radiográfico.

El Ortopantomógrafo digital utilizó 64 kV y 8 mA en cada una de las tomas.



Fig. 12 Paquete enumerados con los dosímetros TLD-100 dentro

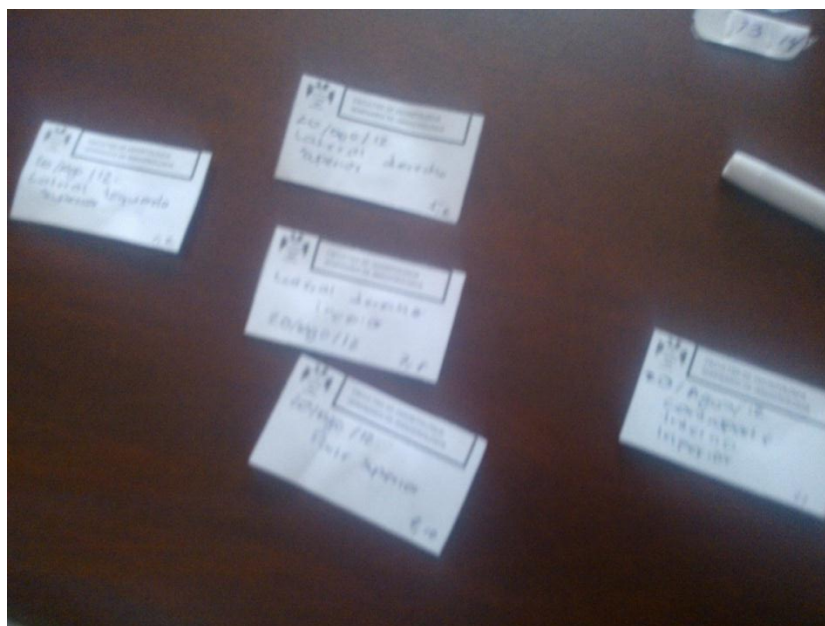


Fig. 13 Colocación de los dosímetros detrás de unos indicadores para saber su ubicación

Número de paquete	Lugar donde se colocó
13,14	Sensor inferior
15,16	Sensor superior
17,18	Contraparte derecha inferior
19,20	Contraparte lateral inferior
21,22	Contraparte lateral superior
23,24	Parte superior derecha
25,26	Parte superior izquierda



Fig. 14 Colocación de dosímetros en zonas estratégicas del Ortopantomógrafo digital

Cada determinado tiempo (5 y 10 días) se retiraban y se realizaba el procedimiento explicado en el capítulo anterior para la obtención de la curva TL.



Fig. 15 Plancha donde se coloca el dosímetro para su lectura

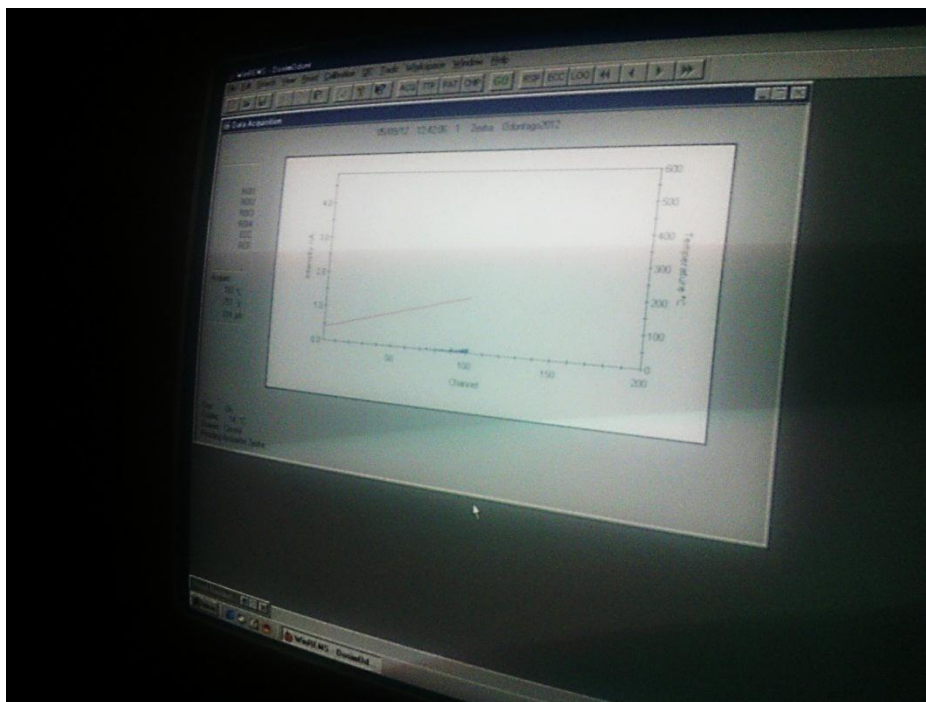


Fig. 16 Formación de la curva

Al terminar se obtuvieron los siguientes datos.

5.1 Resultados de la dosis dispersa en la primera colocación de dosímetros

Después de 5 días se obtuvieron los siguientes datos

Posición del dosímetro	Dosis Total por 5 días (mGy)	Dosis individual (μ Gy)
Sensor Inferior	0.15	0.61
Sensor Superior	0.33	1.36
Contraparte Lat. Der. Inferior	3.34	13.67
Contraparte Lat. Izq. Inferior	3.10	12.69
Contraparte Superior	3.00	12.32
Parte Superior Derecha	0.36	1.48
Parte Superior Izquierda	0.04	0.17

En el siguiente cuadro se muestran el número de pacientes que fueron expuestos a la radiación del Ortopantomógrafo digital durante 5 días.

Número de pacientes por día	Sexo	
	F	M
37	26	11
58	34	24
64	42	22
56	47	9
29	24	5

Total = 244 pacientes

5.2 Resultados de la dosis dispersa en la segunda colocación de dosímetros

Después de 10 días se obtuvieron los siguientes datos

Posición del dosímetro	Dosis Total por 10 días (mGy)	Dosis individual (μGy)
Orto Sensor Inferior	1.26	1.77
Orto Sensor Superior	0.47	0.67
Contraparte Lat. Der. Inferior	10.32	14.49
Contraparte Lat. Izq. Inferior	10.41	14.61
Contraparte Superior	6.47	9.09
Parte Superior Derecha	1.07	1.50
Parte Superior Izquierda	1.14	1.60

En el siguiente cuadro se muestran el número de pacientes que fueron expuestos a la radiación del Ortopantomógrafo digital durante 10 días.

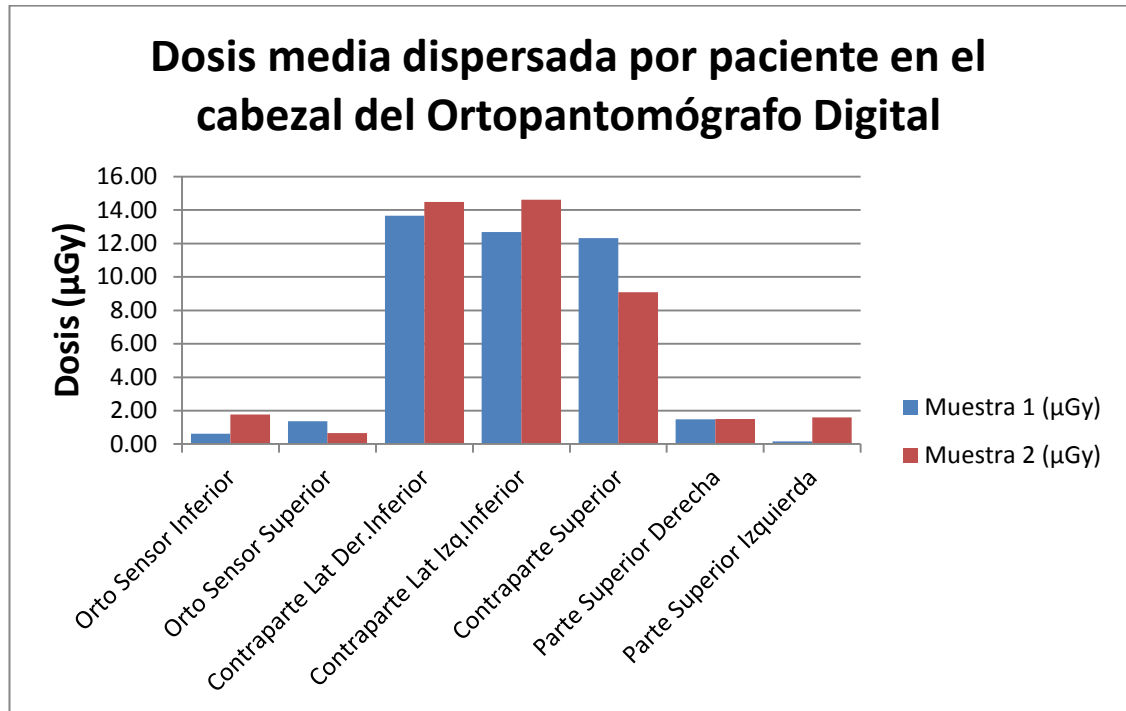
Número de pacientes por día	Sexo	
	F	M
27	14	13
69	45	24
81	59	22
78	45	33
89	54	35

105	81	24
84	56	28
78	30	48
75	49	26
26	19	7

Total = 712 pacientes

6. Comparación de resultados

En la siguiente gráfica se pueden observar que los valores obtenidos de la dosis dispersa por paciente, son casi similares en los dos casos.



7. Descripción del estudio de radiación directa en el Ortopantomógrafo digital

El segundo estudio que se realizó como método alternativo para obtener los datos de la radiación directa absorbida por el paciente consistió en la utilización de un maniquí (recipiente) con agua de dimensiones similares a los de una cabeza humana en la cual se distribuyeron por dentro 12 dosímetros TLD-100 colocados de 2 en 2 simulando ojos (4 dosímetros), nariz (2 dosímetros), cóndilo derecho (2 dosímetros), cóndilo izquierdo (2 dosímetros), parte trasera del cráneo (2 dosímetros).



Fig. 17 paquetes utilizados para la distribución de los dosímetros.

Número de paquete	Lugar donde se colocó
13,14	Simuló ojo derecho
17,18	Simuló ojo izquierdo
19,20	Simuló nariz
21,22	Simuló cóndilo izquierdo
23,24	Simuló cóndilo derecho
25,26	Parte trasera del cráneo

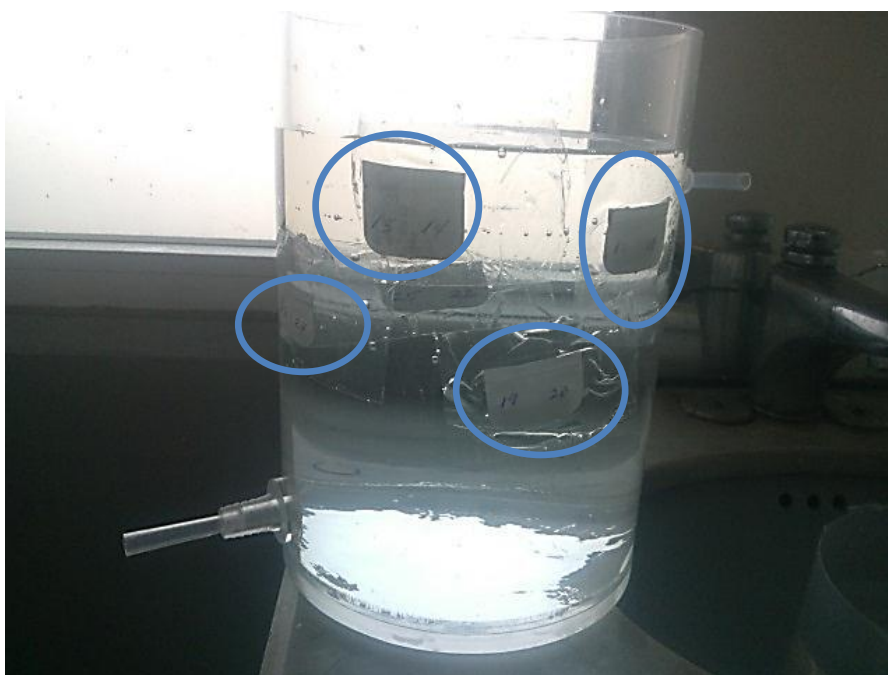
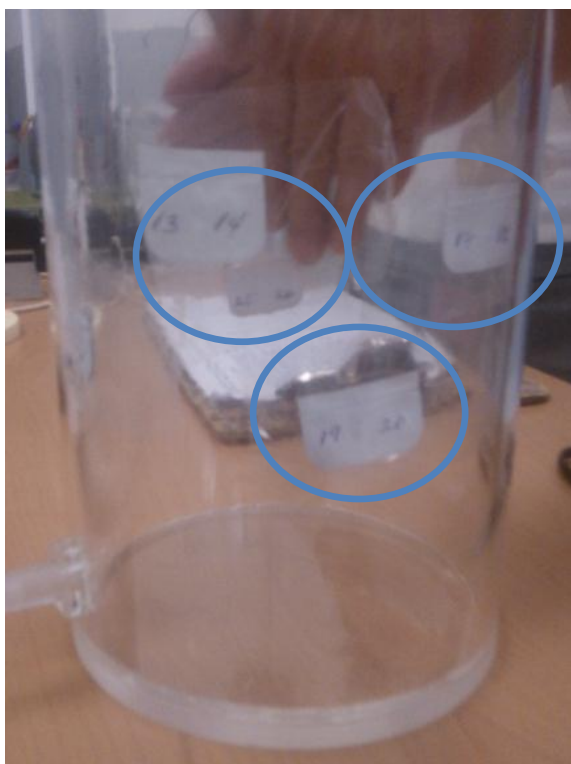


Fig. 18 Distribución de los dosímetros en el maniquí (recipiente con agua)



Fig.19 Colocación del maniquí (recipiente con agua) en un tripie para sostenerlo



Fig.20 Toma de la radiografía

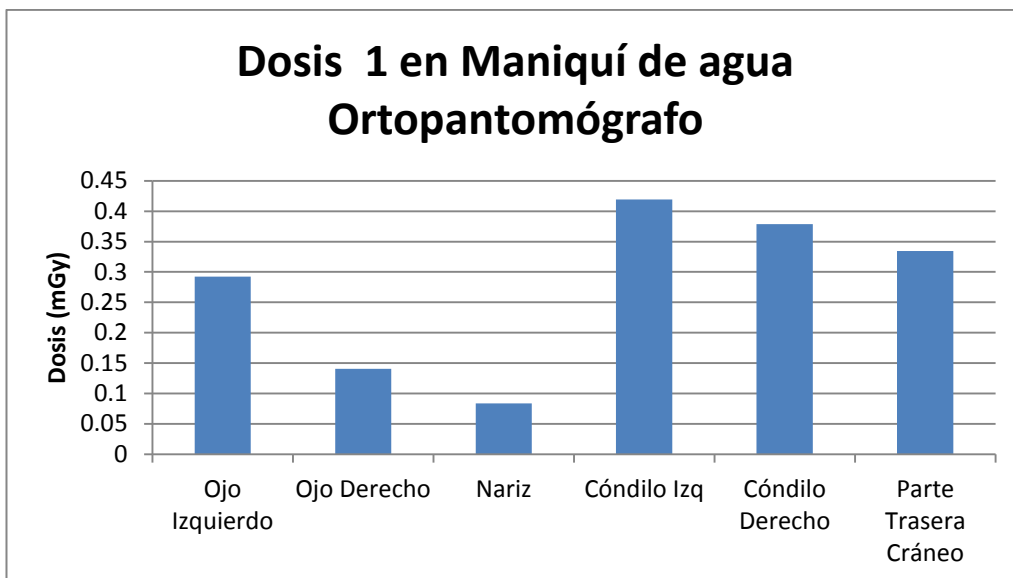
Se realizó una toma para exponerlos a la radiación del Ortopantomógrafo digital (Fig. 20) que utilizó 64 kV y 8 mA por 14.1 segundos que dura la toma.

Se utilizó el mismo procedimiento para la obtención de la curva TL y se obtuvieron los siguientes datos.

7.1 Resultados de la dosis directa con la utilización de un maniquí

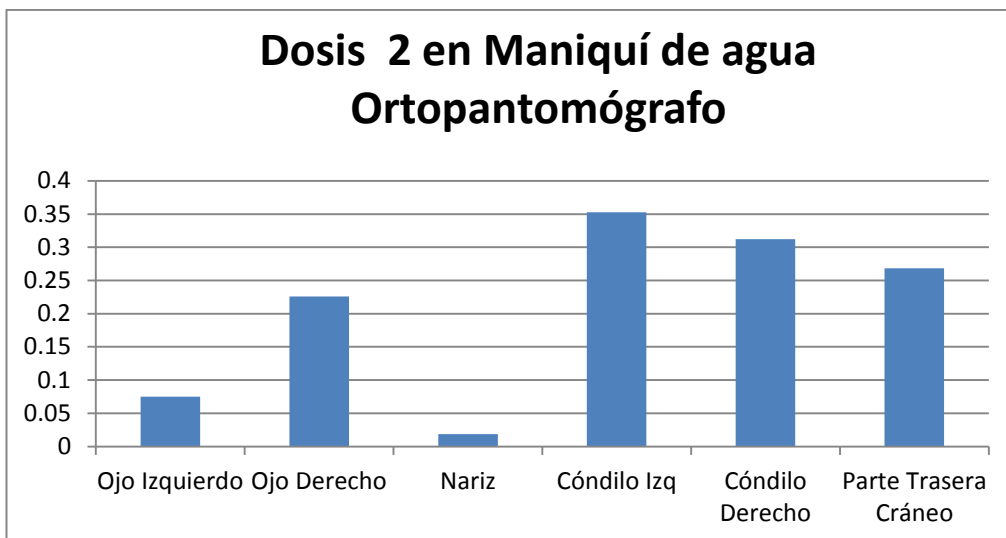
Resultados de la Primer exposición del maniquí.

No. De dosímetro	Simulación de:	Dosis (mGy)
17.18	Ojo Izquierdo	0.292075653
13.14	Ojo Derecho	0.140630366
19.2	Nariz	0.083945141
21.22	Cóndilo Izq.	0.419299358
23.24	Cóndilo Derecho	0.378597593
25.26	Parte Trasera Cráneo	0.334432679

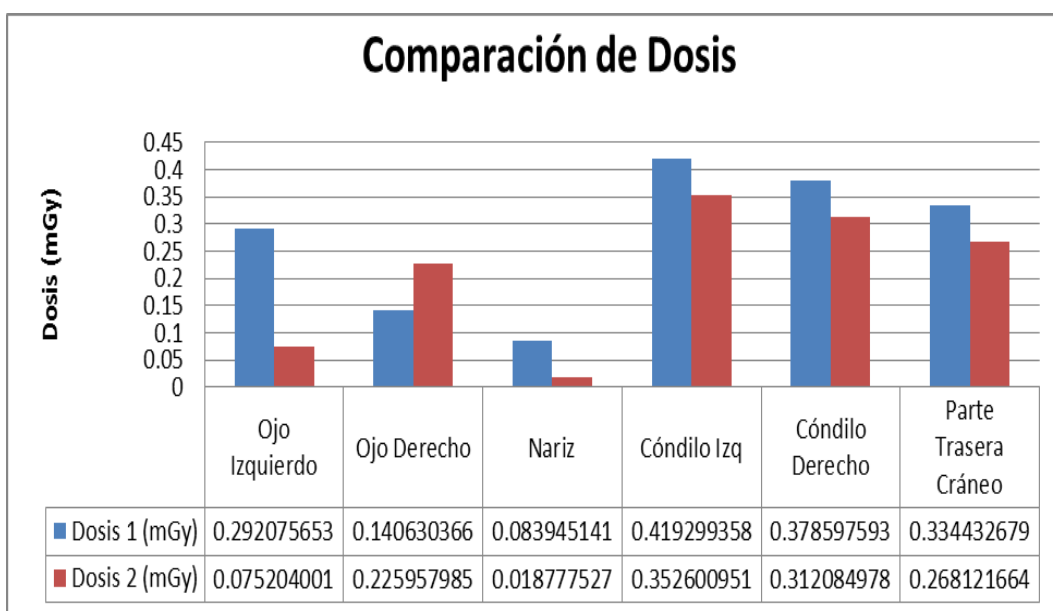


Resultados de la segunda exposición de maniquí con la misma colocación de dosímetros.

Simulación de:	Dosis (mGy)
Ojo Izquierdo	0.075204
Ojo Derecho	0.22595799
Nariz	0.01877753
Cóndilo Izquierdo	0.35260095
Cóndilo Derecho	0.31208498
Parte Trasera Cráneo	0.26812166



En la siguiente gráfica se comparan las dos mediciones obtenidas de la radiación directa que se dio al maniquí con agua por el Ortopantomógrafo.



Capítulo III

Radiación absorbida por el paciente en la toma de Tomografía Computarizada Cone Beam

La Tomografía Computarizada Cone Beam es una nueva tecnología introducida hace poco a nuestro país, en la actualidad es muy utilizada en el campo odontológico, en especial en áreas como ortodoncia, cirugía e implantología, debido a esto la utilizaremos como parte de nuestro estudio.

8. Tomografía

Dentro del mundo de la medicina la tomografía es una gran herramienta para el diagnóstico ya que permite la visualización en 3D de estructuras óseas y dentoalveolares.

Es un estudio radiológico por el que se obtienen cortes transversales de una región del cuerpo. El aparato que realiza este tipo de tomas lleva el nombre de tomógrafo.

La tomografía computarizada (TC) fue desarrollada por Godfrey Hounsfield en 1967, esta ha evolucionado gradualmente hasta seis generaciones, cuya clasificación se basa en la organización de las distintas partes del sistema y por el desplazamiento físico del haz²⁴.

Las imágenes son capturadas en las pantallas del detector y están hechas de múltiples planos, hasta obtener una imagen completa, por lo que precisa mayor radiación al paciente²⁴.

²⁴Lenguas Silva, Ana Leticia; Ortega Aranegui, Ricardo; Samara Shukeir, Georgette; López Bermejo, Miguel Ángel. Tomografía computarizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. CienDent 2010;7;2:147-159.

La imagen de CT es utilizada en el diagnóstico de traumatismos maxilofaciales, en el procedimiento para la colocación de implantes, algún tipo de desarrollo de una patología bucal, entre otras aplicaciones.

Las imágenes que se obtienen en 3D están formadas por voxeles que es el elemento más pequeño del volumen de la imagen radiográfica 3D²⁵.

Los voxeles que utiliza la TC son anisotrópicos (no son idénticos en cualquiera de los planos), la altura del voxel depende del grosor del corte, lo que limita la precisión de imágenes reconstruidas en determinados plano

9. Tomógrafo Cone Beam

El Tomógrafo Cone Beam, es una tecnología que incursiono al campo médico odontológico a finales de los ochentas, con el fin de obtener escáneres tridimensionales del esqueleto maxilofacial con una dosis de radiación menor que la TC²⁵. En nuestro país el primero que introdujo un tomógrafo de este tipo fue el Grupo Cendirama Digital.

Este tipo de tomógrafo requiere de un solo giro para obtener la imagen, a diferencia del tomógrafo convencional que necesita varios giros.

El haz de rayo es cónico y obtiene un volumen de datos cilíndrico o esférico, descrito como Field Of View (FOV), el cual es variable dependiendo del aparato, los que son de gran volumen suelen capturar el esqueleto maxilofacial por completo, mientras que los de bajo volumen captan imágenes de un tamaño aproximado a una radiografía dentoalveolar. El FOV más pequeño resulta en una dosis efectiva menor de radiación de 7,4 μSv ²⁵.

²⁵ Lenguas Silva, Ana Leticia; Ortega Aranegui, Ricardo; Samara Shukeir, Georgette; López Bermejo, Miguel Ángel. Tomografía computarizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. CienDent 2010;7;2:147-159.

El tiempo que dura la toma de este tipo de estudio puede llegar a variar hasta 40 segundos, con una rotación de 360°, lo cual a comparación de la tomografía computarizada convencional existe una menor exposición a la radiación.

Sus voxeles son isotrópicos, (iguales en longitud, altura y Profundidad), lo que permite unas mediciones con mayor precisión en cualquier plano.

Las imágenes en los tres planos (axial, sagital y coronal) en una pantalla, permiten una visión tridimensional real del área de interés.



Fig. 26 Tomógrafo Cone Beam del área de Imagenología de posgrado de odontología UNAM

9.1 Ventajas y desventajas

La Tomografía Computarizada Cone Beam una gran herramienta en el diagnóstico clínico odontológico, en esta se pueden obtener y manipular las imágenes por medio de un software dependiendo del área en el que se ocupara.

Entre sus ventajas tenemos:

- Rapidez en la toma de la imagen
- Registra imágenes en los planos sagital, frontal y axial con una excelente calidad
- Se tiene la facilidad y posibilidad de realizar cortes a diferentes escalas
- Tiene un bajo costo
- Se pueden observar zonas con difícil ubicación
- Dosis baja de radiación

Entre sus desventajas tenemos:

- Que el paciente no se debe de mover
- Los tejidos blandos no se pueden observar con detalle
- Las imágenes panorámicas construidas por ordenador no son compatibles directamente con las radiografías panorámicas convencionales (se necesita una precaución especial con su interpretación).²⁶
- No se encuentra disponible en muchas instituciones.

²⁶Erick Whaites. Fundamentos de radiología dental. 4ta edición. ElsevierMasson. España. 2008

10. Descripción del estudio de radiación dispersa en el Tomógrafo Cone Beam

Se realizó un estudio con el fin de obtener la dosis de radiación absorbida en pacientes al tomar una Tomografía Computarizada Cone Beam.

Para su realización se colocaron 12 TLD-100, envueltos de 2 en 2 en paquetes durante 5 días y 10 días. Estos se pusieron en puntos estratégicos del aparato, tratando de que fuera lo más cercano al paciente, ya que no se podía colocar directamente por que podría dañar su estudio radiográfico.

Se realizó una toma para exponerlos a la radiación del Ortopantomógrafo digital que utilizó 110 kV y 1.8 mA con 3.6 segundos de exposición.



Fig. 27 Paquetes enumerados con dosímetros TLD 100

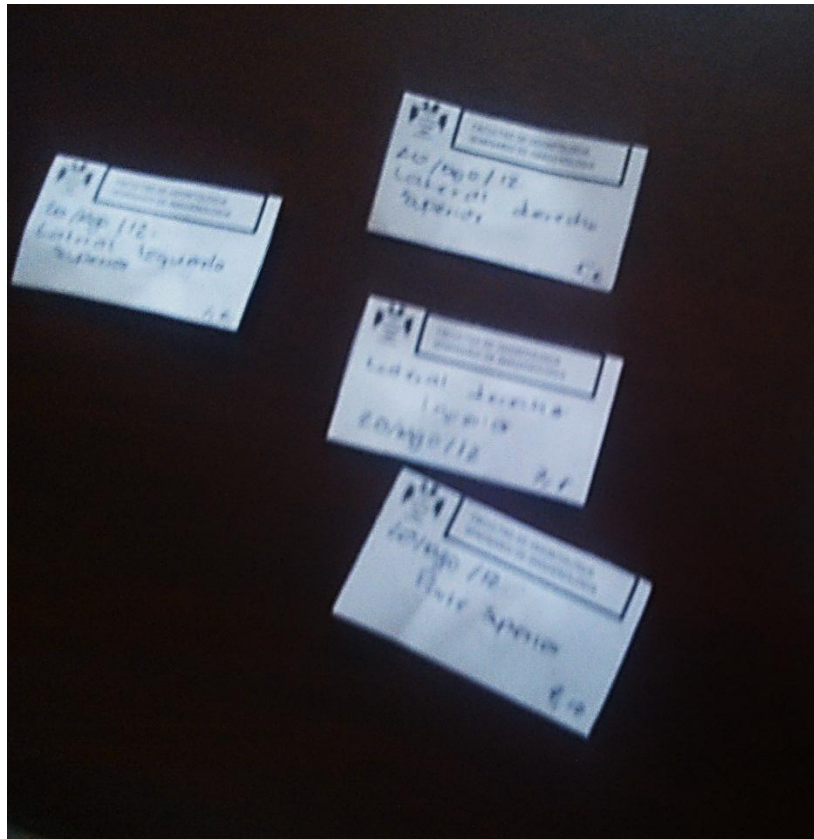


Fig. 28 Colocación de dosímetros detrás de los indicadores para saber su ubicación.

Número de paquete	Lugar en donde se colocó el TLD- 100
1,2	Lateral izquierdo superior
3,4	Lateral izquierdo inferior
5,6	Lateral derecho superior
7,8	Lateral derecho inferior
9,10	Parte superior
11,12	Contraparte inferior derecha



Fig. 29 Colocación de los dosímetros en puntos estratégicos del aparato



Fig. 30 Lectura de dosímetros y visualización de la curva TL.

Cada determinado tiempo se retiraban y se realizaba el procedimiento explicado en el capítulo I para la obtención de la curva TL.

Al terminar se obtuvieron los siguientes datos.

10.1 Resultados de la dosis dispersa en la primera colocación de dosímetros

Después de 5 días se obtuvieron los siguientes resultados.

Posición de los dosímetros	Dosis Total por 5 días (mGy)	Dosis individual (mGy)
Lat. Izquierdo Superior	2.29	0.23
Lat. Izquierdo Inferior	2.81	0.28
Lat. Derecho Superior	2.16	0.22
Lat. Derecho Inferior	1.90	0.19
Superior	3.05	0.30
Contraparte Interna .Inferior	1.57	0.16

En el siguiente cuadro se muestran el número de pacientes que fueron expuestos a la radiación del Tomógrafo Cone Beam durante 5 días.

Número de pacientes por día	Sexo	
	F	M
3	2	1
1	1	0
2	1	1
1	0	1
3	2	1

Total = 10 pacientes

10.2 Resultados de la dosis dispersa en la segunda colocación de dosímetros

Después de 10 días se obtuvieron los siguientes datos.

Posición del dosímetro	Dosis Total por 10 días (mGy)	Dosis individual (mGy)
Lat. Izquierdo Superior	6.71	0.21
Lat. Izquierdo Inferior	9.27	0.29
Lat. Derecho Superior	8.16	0.26
Lat. Derecho Inferior	8.96	0.28
Superior	9.14	0.29
Contraparte Interna .Inferior	7.63	0.24

En el siguiente cuadro se muestran el número de pacientes que fueron expuestos a la radiación del Tomógrafo Cone Beam durante 10 días.

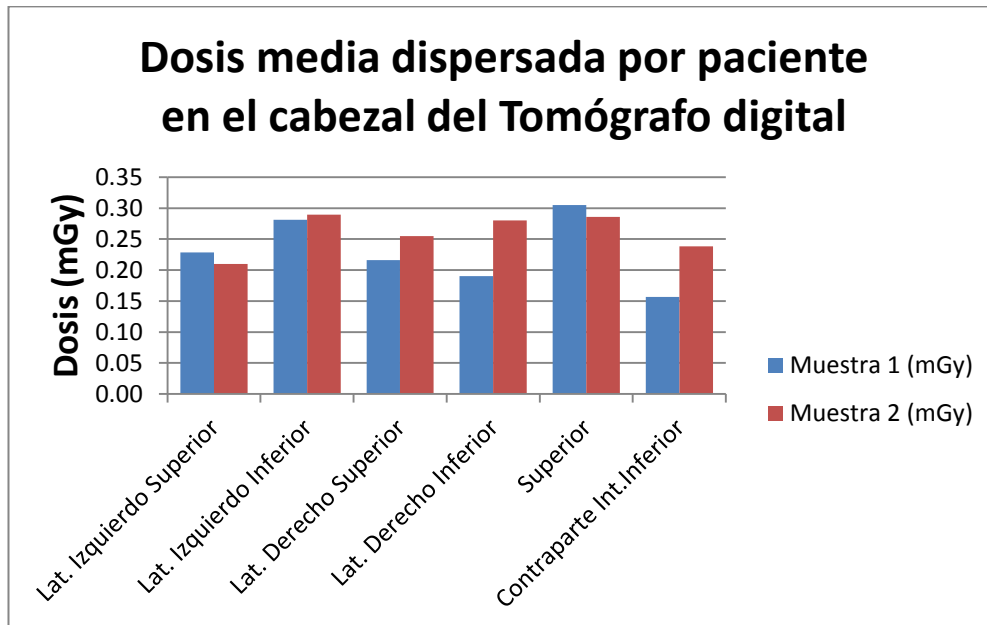
Número de pacientes por día	Sexo	
	F	M
0	0	0
6	4	2
1	1	0
2	1	1
8	6	2

3	1	2
3	2	1
5	5	0
2	2	0
2	2	0

Total = 32 pacientes

11. Comparación de resultados

En la siguiente gráfica se puede observar la comparación de la dosis dispersa por paciente entre los dosímetros que se dejaron 5 días (azul) y 10 días (rojo).



12. Descripción del estudio de radiación directa en el Tomógrafo Cone Beam

Como método alternativo para obtener los datos de la radiación directa absorbida por el paciente cuando se expone a la radiación del tomógrafo Cone Beam, se utilizó un maniquí (recipiente con agua) de dimensiones similares a los de una cabeza humana en la cual se distribuyeron por dentro 12 dosímetros TLD-100 colocados de 2 en 2 simulando ojos (4 dosímetros), nariz (2 dosímetros), cóndilo derecho (2 dosímetros), cóndilo izquierdo (2 dosímetros), parte trasera del cráneo (2 dosímetros).



Fig. 31 paquetes utilizados para la distribución de los dosímetros

Número de paquete	Lugar donde se colocó
1,2	Simuló ojo izquierdo
3,4	Simuló ojo derecho
5,6	Simuló nariz
7,8	Simuló cóndilo izquierdo
9,10	Simuló cóndilo derecho
11,12	Parte trasera del cráneo



Fig. 32 Distribución de los dosímetros en el maniquí (recipiente con agua)



Fig.33 Colocación del maniquí (recipiente con agua) en el tomógrafo Cone Beam

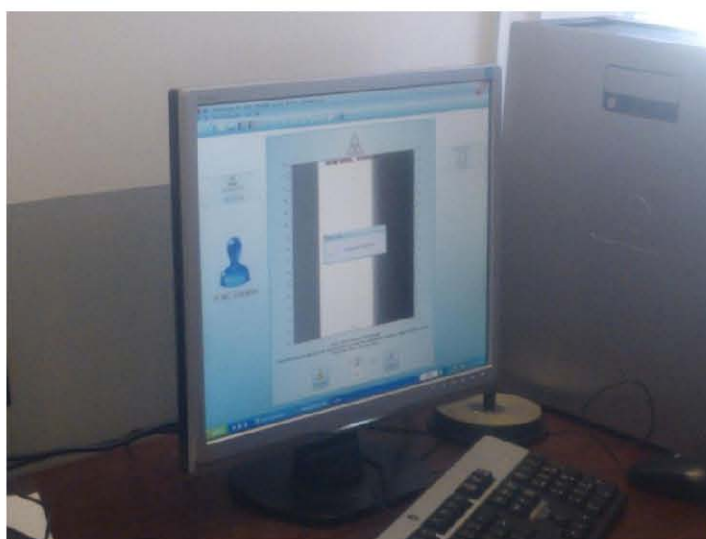


Fig. 34 Realización de toma de la tomografía

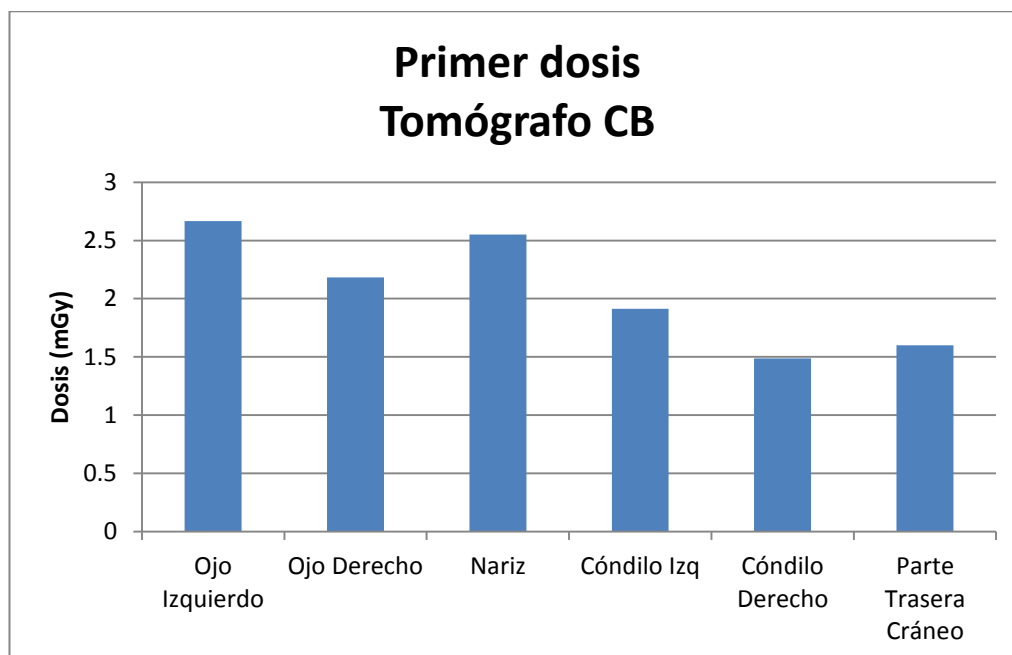
Se hizo una toma para exponerlos a la radiación del Tomógrafo Cone Beam que utilizó 110 kV y 1.8 mA con 3.6 segundos de exposición.

Se realizó el mismo procedimiento que en estudio anterior para la obtención de la curva TL y se obtuvieron los siguientes datos.

12.1 Resultados de la dosis directa con la utilización de un maniquí

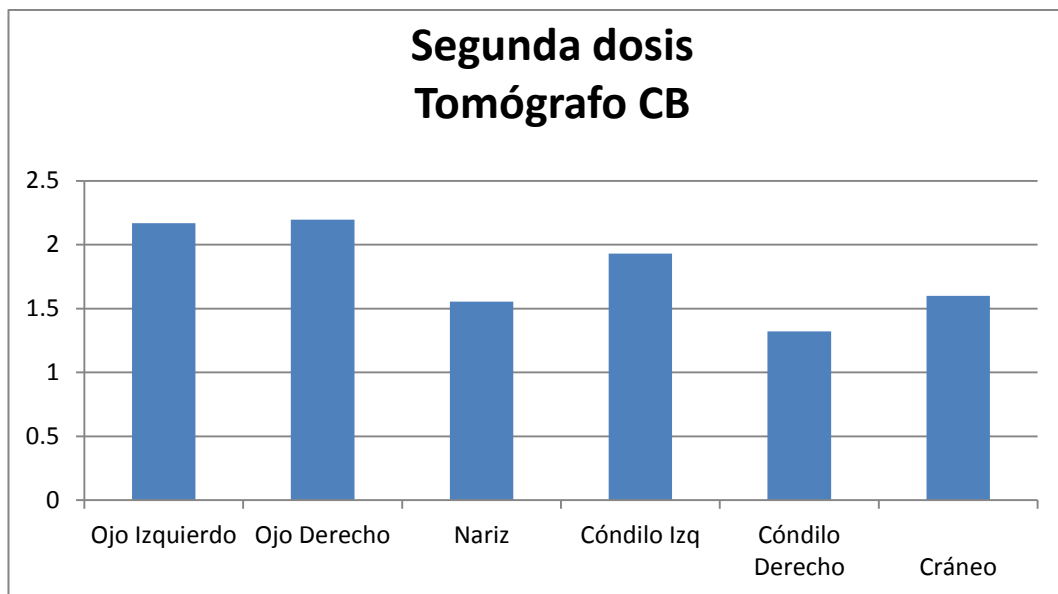
Resultados de la primer exposición del maniquí.

No. Dosímetro	Simulación de:	Dosis (mGy)
1.2	Ojo Izquierdo	2.667771858
3.4	Ojo Derecho	2.183342665
5.6	Nariz	2.552024032
7.8	Cóndilo Izq.	1.91235501
9,10	Cóndilo Derecho	1.486210213
11.12	Parte trasera Cráneo	1.599482247

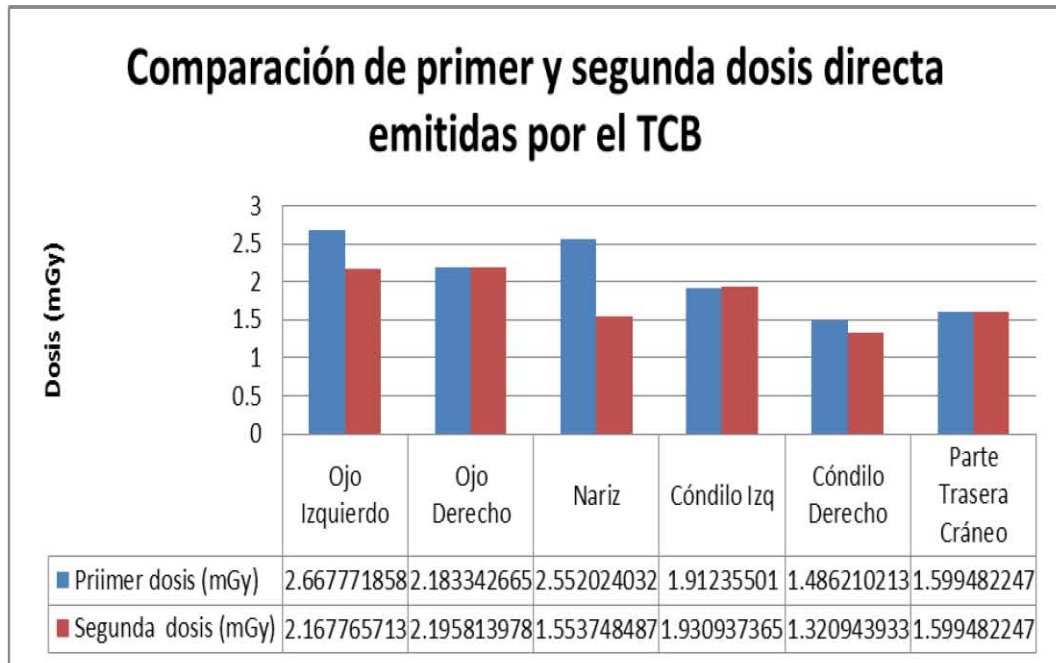


Resultados de la segunda exposición del maniquí de agua al Tomógrafo Cone Beam.

Simulación de:	Dosis (mGy)
Ojo Izquierdo	2.16776571
Ojo Derecho	2.19581398
Nariz	1.55374849
Cóndilo Izquierdo	1.93093737
Cóndilo Derecho	1.32094393
Parte Trasera Cráneo	1.59948225



En la siguiente gráfica se comparan la primer y segunda dosis que se obtuvieron en las 2 tomas.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

La realización de éste proyecto se hizo con el propósito de comparar la radiación absorbida por el paciente cuando se irradia con un Tomógrafo Cone Beam y un Ortopantomógrafo digital, con el fin de observar cuál de estos dos estudios radiográficos permite tener la mayor cantidad de ventajas tanto para el paciente como para el clínico, entre estas tenemos:

- Una baja tasa de radiación
- Un bajo costo para el paciente
- Menor tiempo de exposición
- Manejo sencillo para el clínico
- Un mejor diagnostico
- Una menor cantidad de tomas radiográficas, entre otros

13. Comparación de resultados de dosis directa y dispersa entre el Ortopantomógrafo Digital y el Tomógrafo Cone Beam

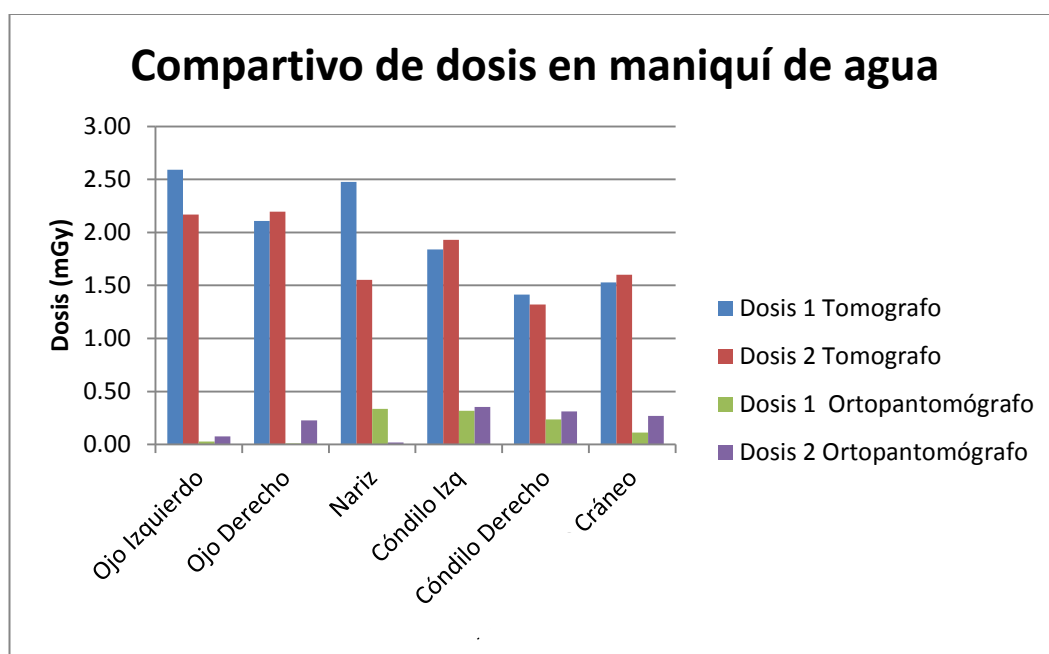
En el último estudio que se realizó con el maniquí pudimos darnos cuenta de la radiación que puede llegar a absorber un paciente.

En el siguiente cuadro y gráfica podemos comparar la dosis que llega al paciente en una toma con un Tomógrafo Cone Beam y un Ortopantomógrafo digital.

Simulación de	Dosis 1 TCB	Dosis 2 TCB	Dosis 1 Orto.	Dosis 2 Orto.
Ojo Izquierdo	2.59	2.17	0.03	0.08
Ojo Derecho	2.11	2.20	0.01	0.23

Nariz	2.48	1.55	0.33	0.02
Cóndilo Izq.	1.84	1.93	0.32	0.35
Cóndilo Derecho	1.41	1.32	0.24	0.31
Parte Trasera Cráneo	1.53	1.60	0.11	0.27

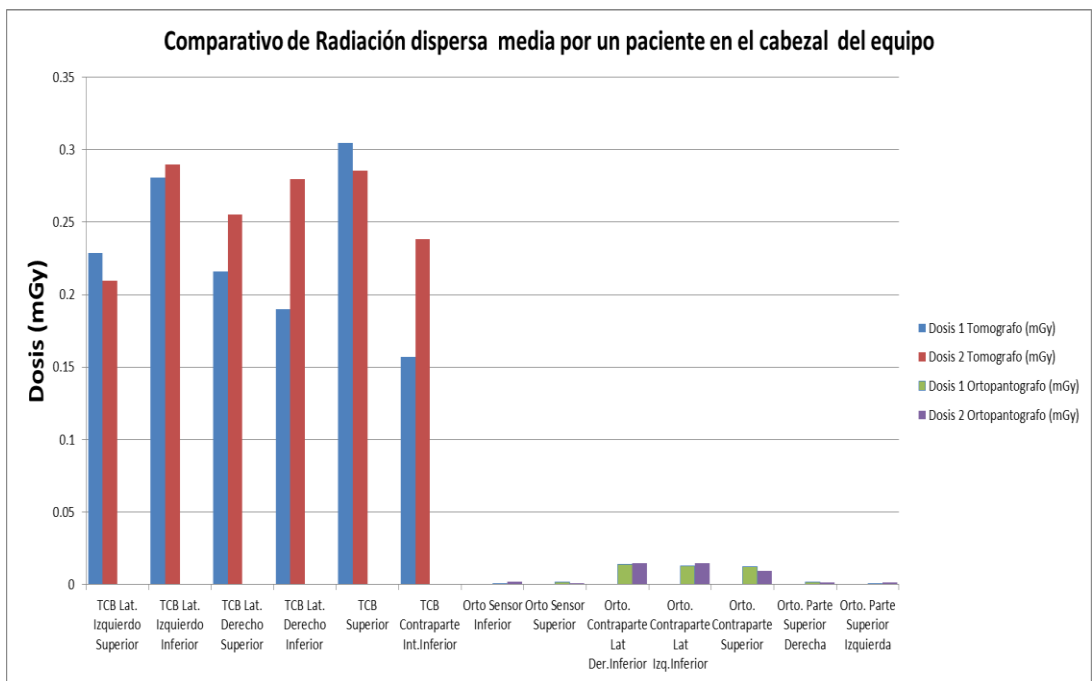
Se puede observar que la dosis emitida por el Tomógrafo Cone Beam es mucho mayor que la dosis del Ortopantomógrafo digital.



En el siguiente cuadro y gráfica podemos comparar la cantidad de dosis dispersa que recibió cada paciente en cada uno de los aparatos durante 5 (Dosis 1) y 10 días (Dosis 2).

Posición	Dosis 1 TCB (mGy)	Dosis 2 TCB (mGy)	Dosis 1 Orto. (mGy)	Dosis 2 Orto. (mGy)
TCB Lat. Izquierdo Superior	0.228573542	0.209607916		
TCB Lat. Izquierdo	0.281004124	0.289564692		

Inferior			
TCB Lat. Derecho Superior	0.216122693	0.255003937	
TCB Lat. Derecho Inferior	0.190143641	0.279902922	
TCB Superior	0.304682077	0.2857428	
TCB Contraparte Inter. Inferior	0.156779293	0.238495928	
Orto Sensor Inferior			0.000613255 0.001768534
Orto Sensor Superior			0.001362771 0.000666866
Orto. Contraparte Lat. Der. Inferior			0.013669309 0.014490941
Orto. Contraparte Lat. Izq. Inferior			0.01268533 0.014614822
Orto. Contraparte Superior			0.012315502 0.009092006
Orto. Parte Superior Derecha			0.001479158 0.0014994
Orto. Parte Superior Izquierda			0.00016786 0.001600142



14. Conclusiones

Tanto el Tomógrafo CB como el Ortopantomógrafo digital, son unos excelentes auxiliares para el diagnóstico, teniendo cada uno sus ventajas y desventajas.

De acuerdo con los resultados de dosimetría termoluminiscente aplicada al anterior estudio podemos observar que el nivel de radiación que emite el Tomógrafo Cone Beam en comparación con el Ortopantomógrafo digital es mucho mayor, pero sin hacer algún tipo de daño a la salud, ya que alcanzó un máximo de 2.59 mGy y para que haya algún tipo de lesión se necesitan 2.4 Gy. En cuanto al Ortopantomógrafo su radiación emitida fue casi nula.

No obstante se debe tener cuidado con la toma indiscriminada de radiografías, ya que como se dijo en este trabajo una persona tiene una dosis límite de radiación por año, como clínicos debemos tomar en cuenta el tiempo de la toma, el kV y mA del equipo y el número de radiografías, porque no solo el paciente se está exponiendo a la radiación sino también la persona encargada de dicha tarea.

Sea cual sea la radiografía que se va a realizar no se debe olvidar la utilización de barreras protectoras como el plomo y la barita en la zona donde se va a radiar y el uso de un mandil de plomo.

Es importante tener en cuenta que a menor radiación menor daño.

Bibliografía

1. C.H. Kau et al., Cone Beam CT of the Head and Neck, DOI: 10.1007/978-3-642-12704-5_1, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011
2. Dosimetría. Wiki pedía enciclopedia libre. [Fecha de Consulta: 21 de Agosto]. Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Dosimetr%C3%ADa>
3. Enrique González García. Tomografía Cone Beam tecnología primer mundo en México. AAPAUNAM, Academia Ciencia y Cultura. 2010, pág. 278.286
4. Erick Whaites. Fundamentos de radiología dental. 4ta edición. ElsevierMasson. España. 2008
5. G. Fichtinger, A. Martel, and T. Peters (Eds.): Detecting Patient Motion in Projection Space for Cone-beam Computed Tomography. MICCAI 2011, Part I, LNCS 6891, pp. 516–523, 2011. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011
6. Gautam Prasad and Jean Pouliot. Chapter 43. Handbook of Evidenced- Based Radiation oncology. Second edition. Springer.pp- 691-710
7. Juan Azorín Nieto. La termoluminiscencia y sus aplicaciones. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa. Abril 2012
8. Lenguas Silva, Ana Leticia; Ortega Aranegui, Ricardo; Samara Shukeir, Georgette; López Bermejo, Miguel Ángel. Tomografía computarizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. CientDent 2010; 7; 2:147-159.
9. Luis Vivallo Sepro, Loreto Villanueva Dpra, Sylvia Sanhueza, Radiomedicina efectos de las radiaciones ionizantes en el ser humano. Comisión Chilena de Energía Nuclear Departamento de Protección Radiológica y Ambiental. mayo 2010. pp. 1-38

10. María Fernanda Velarde Santamaría. Efectos estocásticos o no estocásticos. Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2012. Disponible en: <http://grupo1rbiologiarproteccion.wordpress.com/2012/03/20/radioterapia/>
11. Mercedes Preciado Ramírez, Verónica Luna Cano. Medidas Básicas de Protección Radiológica. Instituto Nacional de Cancerología, México D.F. 2010. Pp. 25-30
12. Miguel Alcaraz Baños. Tema 3 unidades radiológicas. [Fecha de consulta 3 de septiembre 2012]. Disponible en: webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?id...cache...lectura_3.pdf
13. NORMA Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002. Secretaria de salud. Disponible en: www.generoysaludreproductiva.gob.mx/.../110929_NOM-229-SSA1-2002.pdf
14. RIAS. Radiaciones Ionizantes Asesoramiento y Servicios. Dosimetría por termoluminiscencia. [Fecha de Consulta: 21 de Agosto]. Buenos Aires. Disponible en: http://rias-tld.com.ar/pdf/RIAS-dosimetria_termoluminiscencia.pdf
15. Ricardo Urzúa N. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales, Aplicaciones. Amolca. Colombia 2005.
16. Roldán-Chicano R, Oñate-Sánchez RE, López-Castaño F, Cabrerizo-Merino MC, Martínez-López F. Panoramic radiograph as a method for detecting calcified atheroma plaques. Review of literature. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006; 11:E261-6.
17. Stuart C. White. Radiología oral principios e interpretación. 4ta edición. Madrid, España. Ediciones Harcourt. 2002
18. Vimal K. Sikri. Fundamentos de radiología dental. 4ª edición. Amolca. 2012