



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA SALUD Y BIENESTAR**

**CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**CAPÍTULO III: ¿CÓMO ME PROTEJO DE LA  
RADIACIÓN IONIZANTE? DEL LIBRO “ROMPIENDO  
MITOS DE LA RADIOLOGÍA DENTAL Y  
MAXILOFACIAL”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ODONTÓLOGA**

**AUTOR: MARÍA EMILIA GRANDA LARRIVA**

**DIRECTOR: OD. ESP. ROCIO MAGDALENA MOLINA B.**

**CUENCA- ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR**

**CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**CAPÍTULO III: ¿CÓMO ME PROTEJO DE LA RADIACIÓN  
IONIZANTE? DEL LIBRO “ROMPIENDO MITOS DE LA  
RADIOLOGÍA DENTAL Y MAXILOFACIAL”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ODONTOLOGÍA**

**AUTOR: MARÍA EMILIA GRANDA LARRIVA**

**DIRECTOR: OD. ESP. ROCIO MAGDALENA MOLINA B.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**Declaratoria de Autoría y Responsabilidad**

**María Emilia Granda Larriva** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0107291072**. Declaro ser el autor de la obra: "**Capítulo III: ¿Cómo me protejo de la Radiación Ionizante? Del libro "Rompiendo mitos de la Radiología Dental y Maxilofacial"** ", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 17 de agosto de 2023

Cuenca, 17 de agosto de 2023

F. 

**María Emilia Granda Larriva**

**C.I. 0107291072**

## Capítulo III

### ¿Cómo me protejo de la radiación ionizante?

Od. Esp. Lorena Gonzales.

Od. Esp. Bolivar Delgado G.

MARÍA EMILIA GRANDA LARRIVA

Egresada de la Universidad Católica de Cuenca – Carrera Odontología

[maria.granda@est.ucacue.edu.ec](mailto:maria.granda@est.ucacue.edu.ec)

#### Tabla de contenido

<b>3.1 Biología de la radiación .....</b>	<b>2</b>
<b>3.2. Efectos de la lesión por radiación .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Medidas de la radiación.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4. Riesgo de la radiación .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5. Protección contra la radiación .....</b>	<b>19</b>

#### Introducción

Los rayos X son un tipo de radiación ionizante capaz de producir cambios a nivel celular y por ende en los tejidos que componen los órganos del cuerpo humano, lo que es conocido como efectos biológicos. Estudios han demostrado los efectos biológicos a través de la observación de consecuencias en sobrevivientes de bombas nucleares, personal ocupacionalmente expuesto a componentes radioactivos y pacientes que han recibido radioterapia (1).

En el área de la odontología la radiación es muy utilizada y la protección radiológica está orientada a disminuir la probabilidad de efectos no determinísticos, que son

aquellos que su daños directamente proporcional al tamaño de la dosis recibida (1) (2).

### **3.1 Biología de la radiación**

La biología de la radiación, es el análisis de las consecuencias que produce la radiación de tipo ionizante sobre los tejidos vivos. La interrelación desfavorable que existe entre la radiación ionizante y la materia viva se produce en el electrón desde los primeros  $10^{-13}$  segundos posterior a la exposición, en el tejido sano (1).

Los efectos ocurridos provocan una alteración en las moléculas que pueden perdurar durante horas, décadas e incluso generaciones. Los cambios moleculares traen consigo variaciones en las actividades normales de las células (1).

En Odontología la cantidad de rayos X utilizados en una radiografía es muy baja, sin embargo, si tiene la capacidad de producir daños biológicos (1).

#### **3.1.1 Lesión por radiación**

El resultado de la radiación ionizante son los daños biológicos, altamente perjudiciales, toda radiación ionizante es dañina y tiende a causar cambios biológicos en los tejidos vivos. Actualmente se están realizando varias investigaciones sobre los efectos nocivos de la alta exposición a la radiación (1,2).

##### **3.1.1. a. Mecanismo de la lesión**

En la toma de una imagen radiográfica, se emiten rayos X pero solo una cierta cantidad, no todos, atraviesan al paciente hasta llegar a la película radiográfica; varios de ellos son absorbidos por los tejidos del paciente. La absorción es el proceso donde se da una

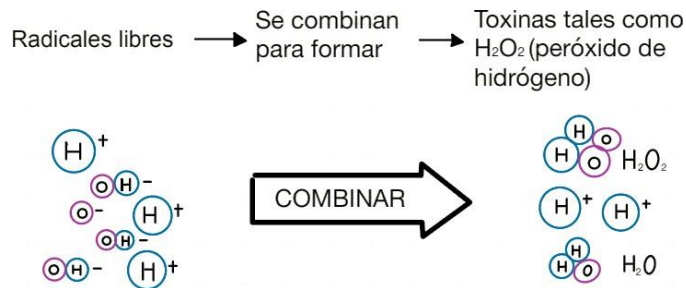
transmisión de la energía completa del fotón hacia los tejidos de un ser vivo. ¿Qué sucede con los tejidos que absorben esta energía de los rayos X? Existe un daño biológico, porque se producen cambios químicos. El daño por radiación puede tener dos mecanismos específicos (1):

**-Ionización:** La ionización es el resultado del proceso cuando los rayos X incidir con un átomo, es decir con el tejido de un paciente. Se da mediante un efecto fotoeléctrico en donde es eliminado a altas velocidades el electrón que se encuentra en los orbitales internos, lo que hace que el átomo se vuelva positivo y el electrón eliminado en un ion negativo (3). Toda esa energía producida conduce a la excitación de enlaces moleculares los cuales provocan alteraciones químicas en el interior de la célula que da paso a un daño biológico (1).

**-Formación de Radicales libres:** Es una molécula neutra, sin carga, en su interior tiene un solo electrón de forma desapareja ubicado en la capa más externa, por esta razón son muy reactivos y tienen la capacidad de atrapar un electrón de otros átomos con la finalidad de encontrar un equilibrio electroquímico (1,4).

Para alcanzar este equilibrio los radicales libres pueden:

- Recombinarse pero sin tener alteraciones en la molécula
- Combinarse con otros radicales, y provocar cambios
- Combinarse con moléculas ordinarias y formar toxinas, produciendo cambios celulares (1).



**Figura 1. Mecanismo de la Lesión. Elaboración propia**

### 3.1.1. b Teorías de la lesión por radiación

El daño a los tejidos es consecuencia de la exposición a la radiación ionizante, puede darse debido a una absorción de forma directa del fotón de rayos X, que al entrar en contacto con la molécula de agua de la célula da como resultado la formación de un radical libre (1).

Los efectos y daños celulares que se producen por la radiación en tejidos biológicos, se describen mediante dos teorías:

**Teoría Directa:** Se compone de partículas cargadas energéticamente, y se da cuando estas inciden de forma directa en el área objetiva de una célula (1,5).

Se origina una interacción directa con macromoléculas biológicas necesarias para la vida como es el ADN, ARN, enzimas, proteínas, y las ionizan. Así, cambian su estructura volviéndose estructuras anormales, que modifican la composición química alterando sus funciones normales (1).

Los efectos cromosómicos del daño por lesión directa incluyen:

- Incapacidad transmisora de información
- Apoptosis (muerte o destrucción celular)
- Daño temporal: el ADN se arregla o repara antes de una nueva división celular
- Replicación anormal (2)

- Ruptura de una o ambas cadenas de ADN (6)

El daño por radiación puede afectar a células madre y como consecuencia trae consigo una anomalía congénita inducida por la energía recibida. El daño que se producirá a nivel celular depende de algunos factores como: (2)

- Capacidad de la célula para repararse
- Número y tipo de enlaces de ácidos nucleicos que se pierdan
- El tiempo de exposición total
- Intensidad y tipo de radiación recibida
- Fase de división celular en la que se encuentre la célula al momento de ser irradiada

**Teoría Indirecta:** Contiene partículas sin carga, en esta acción la radiación incide en las moléculas de agua de la célula, produciendo radicales libres como el dióxido de hidrógeno, por consecuente se pueden formar más tipos de reacciones, en su estructura todos estos radicales tienen en su interior un electrón libre o no apareado, los que los convierte en células altamente reactivas, y así reaccionan con moléculas de ADN provocando lesión molecular, este daño se da por la combinación de los radicales libres que juntos van a formar toxinas (1,5) .

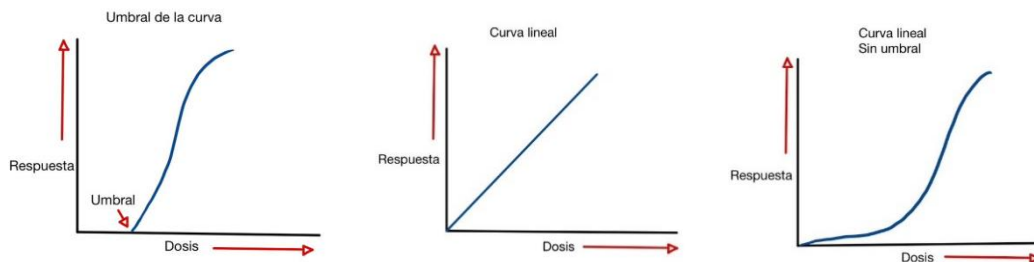
Los radicales libres al combinarse forman dos compuestos uno es el peróxido de hidrógeno, una toxina celular, y otro radical hidroperoxilo, también sustancia tóxica. Estas dos al recombinarse causan daño biológico en la estructura celular, rompiendo enlaces químicos y multiplicando su efecto dañino (2).

### **3.1.1. c Curva de la respuesta a la dosis**

En su totalidad las exposiciones a radiaciones ionizantes provocan alteraciones celulares produciendo daños biológicos, entonces ¿hasta qué nivel se considera aceptable? (1) Para esto es necesario trazar una curva en donde se exprese una relación entre dosis

de radiación emitida que recibe una persona, y la capacidad de respuesta celular ante esa exhibición (1,2).

Frente a una exposición a radiación una curva de respuesta a la dosis, es utilizada para asociar la “respuesta” o el resultado de la lesión causada, con la “dosis” o cantidad de radiación emitida (1).



**Figura 2.** Curva de la respuesta a la dosis. Elaboración propia

### 3.1.1. d Efectos estocásticos y NO estocásticos

Los efectos producidos por la radiación pueden ser de tipo agudo, que se manifiestan después de un corto tiempo luego a la exposición; y crónicos que se manifiestan luego de varios años después de la exposición.

Los efectos a largo plazo son los que se manifiestan luego de años o décadas, están asociados a bajas cantidades de radiación recibidas constantemente en un lapso largo de tiempo, este tipo de efectos están relacionados con la radiología dental. Por otro lado, los efectos a corto plazo son los que aparecen en minutos, días o semanas y están relacionados con altas cantidades de radiación en poco tiempo, en odontología no es muy común (1).

Los daños biológicos de la radiación se clasifican en dos:

- *Estocásticos*: Es cuando la célula después de la radiación no muere si no sufre un cambio en sus partículas de ADN.

La severidad de estos daños depende de la cantidad de dosis y también del tipo de célula que recibe la radiación. Aun así, en dosis bajas de radiación ionizante existe la baja posibilidad de producir efectos (7,3).

Su efecto aumenta cuando la dosis absorbida es alta, pero sin ningún umbral (5).

- *No estocásticos*: Es cuando la célula después de la radiación muere. La gravedad de las consecuencias va relacionado con la dosis. Su efecto aumenta cuando la dosis absorbida sobrepasa el umbral o nivel definido (8,5).

### **3.1.1. e Secuencia de la lesión por radiación**

Las reacciones químicas que se dan después de la exposición a la radiación se producen a nivel molecular. Para que exista una alteración en las células y sus funciones, es necesario que exista una alteración en la cantidad de tiempo de la exposición (1).

Después de la exposición, comienza el llamado período latente, este lapso se define como el tiempo que transcurre entre la exposición a la radiación hasta la aparición de signos clínicos detectables. Este período puede ser corto o largo, dependiendo el tiempo de exposición y/o dosis total recibida, a mayor radiación recibida más corto será el período latente (1).

Luego de este, aparece el período de daño, donde se producen alteraciones en la función celular, distintos tipos de lesiones celulares que incluyen la muerte celular. Como última, se presenta el período de recuperación, esto quiere decir que no todos los daños celulares son permanentes (1).

Cada lesión trae consigo una reparación, y depende de varios factores. Los efectos por exposición son acumulativos, y el daño sin reparación se va acumulando en los tejidos. Los efectos acumulativos conllevan a problemas de salud, como por ejemplo, el más conocido es el cáncer (1)

**Tabla 1.** Efecto de la radiación en los tejidos. Elaboración propia.

### 3.3.1. f Factores que determinan el daño por radiación

ÓRGANO / TÉJIDO	EFEECTO CAUSADO
Médula Ósea	Leucemia
Células reproductivas	Mutaciones genéticas
Tiroides Piel Glándula Salival	Carcinoma
Cristalino del Ojo	Cataratas

Es fundamental estudiar los factores que influyen y determinan el daño causado por la radiación. Entre los factores se encuentran los siguientes:

- **Tasa de dosis**

Es una medida de la dosis por unidad de tiempo, es decir dosis/hora (2). Es llamado también tasa de exposición, se da cuando la absorción y la radiación se juntan (1).

La tasa de dosis es directamente proporcional al daño de la radiación, es decir a mayor dosis mayor es el daño biológico producido; al existir una radiación con dosis alta por un tiempo prolongado las células expuestas no cumplen su periodo normal para que el daño celular sea reparado (1).

La radiación se mide: UNIDAD SI: MICROSIEVERT / HORA

- **Dosis total:**

Es la cantidad total de energía recibida, es la dosis de radiación absorbida. Existe más daño cuando los tejidos irradiados absorben grandes cantidades de energía ionizante (1).

- **Cantidad de tejido irradiado:**

Es decir el área irradiada, si es el cuerpo entero se van a producir más efectos sistémicos adversos si se compara con la irradiación a una parte específica del cuerpo. Los daños más severos y profundos se dan cuando se irradian zonas extensas directamente el daño ocurre en los tejidos hematopoyéticos (2).

- **Edad:**

Los niños son más vulnerables a sufrir daño por la exposición a la radiación en comparación a los adultos (1).

- **Sensibilidad de la célula:**

Las células sensibles a la radiación son las más afectadas, son las que tienen como características una rápida división celular y que sean jóvenes (1).

## **3.2. Efectos de la lesión por radiación**

### **3.2.1 Efectos a corto y largo plazo**

Los efectos a corto plazo están relacionados con lesiones agudas como la disminución de glóbulos blancos, quemaduras cutáneas o síndrome de irradiación aguda mientras que a largo plazo se asocian con cáncer como la leucemia, hay mayor riesgo en niños y adolescentes, ya que son más sensibles a la radiación (1).

Después del período de latencia, los efectos que se observan en cuestión de minutos, días o semanas se denominan efectos a corto plazo. Están asociados con grandes cantidades de radiación absorbida en un tiempo corto mientras que los efectos a largo plazo se asocian con mínimas cantidades de radiación absorbida varias veces durante un largo período (1).

### **3.2.2. Efectos somáticos y genéticos**

Los efectos genéticos (hereditarios) se producen por alteraciones en el cromosoma, afectando el ADN por lo que tienen como consecuencias anomalías congénitas por la radiación mientras que los efectos somáticos (individuo) son daños perjudiciales por la alta radiación (5).

Las lesiones afectan al ADN y provocan ruptura de puentes de hidrógeno, alteraciones en las adeninas-citosinas-guaninas-timina, uniones, etc. En algunos casos estas lesiones se expresan alterando la estructura cromosómica de una célula, que se incluye en las principales causas de enfermedades genéticas de seres humanos (7).

### **3.2.3. Efectos de la radiación en las células**

La radiación puede producir la muerte de algunas células durante la división celular (mitosis), es decir, se da la inactivación celular a través de curvas de sobrevivencia ya que al no poder reproducirse, inician el desarrollo de ciertas enfermedades congénitas (1).

La radiación ionizante puede afectar el núcleo, el citoplasma, o toda la célula. El núcleo de la célula es más sensible a la radiación que el citoplasma. El daño al núcleo afecta a los cromosomas que contienen ADN y en la interrupción de la división celular(8).

La radiación ionizante contiene suficiente energía para afectar los átomos de las células vivas y dañar así su material genético. Afortunadamente, las células del cuerpo son muy efectivas para reparar este daño. Sin embargo, si el daño no se repara adecuadamente, la célula puede morir o volverse cancerosa. Este daño puede verse afectado o incidido por tres factores: actividad mitótica, diferenciación celular y metabolismo de la célula (8).

Los efectos determinísticos son producidos por la muerte celular en grandes cantidades, para esto existe una dosis umbral para que este daño ocurra y la gravedad de este efecto va aumentando en función de la dosis; se da por la exposición a dosis de radiación muy altas, en donde la célula va perdiendo su función y propiedad de división (7).

### **3.2.4. Efecto de la radiación en los órganos y tejidos**

Desde su descubrimiento, la radiación ionizante se ha utilizado en diversas aplicaciones. Beneficioso para los humanos, pero también puede tener efectos nocivos para la salud. Las personas deben protegerse ante posibles efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, por eso es necesario conocer con la mayor precisión posible los efectos adversos, propiedades físicas y químicas, y también los factores biológicos que influyen en estos efectos (9).

La radiación puede producir anomalías severas, principalmente a nivel de sistema nervioso central y en tejido óseo por lo que existirá una pérdida en la función de los

tejidos y organismos, (efecto determinístico). La complejidad de las consecuencias es proporcional a la dosis de radiación recibida (9).

Las células se estructuran hasta formar unidades funcionales más grandes, tejidos y órganos, todos varían en su nivel de sensibilidad frente a la radiación, debido a su conformación y estructuración. Existe el grupo de los órganos llamados radiosensibles en donde interviene la médula ósea, testículos, tejido linfoides y el intestino delgado, estos tejidos están formados por células de su mismo tipo, radiosensibles, y a medida que la dosis aumenta también aumenta los efectos secundarios sobre dichas células, entre los daños celulares podemos identificar el retraso mitótico, muerte en interfase o fallo reproductivo (9).

Por lo contrario los tejidos u órganos radioresistentes, son los capaces de tolerar y responder con mayor efectividad frente a la radioterapia, en este grupo está el riñón, glándulas salivales, hígado e intestino grueso (1,9).

En la radiografía odontológica se denominan a algunos tejidos y órganos como “críticos”, este término hace referencia a que es más sensible en comparación a otros órganos, es decir que si sufre una lesión va a disminuir la actividad de dicho órgano, y en consecuencia pone en riesgo la vida del paciente. El órgano con más exposición durante la toma de radiografías dentales, en la región de la cabeza y cuello incluyen los siguientes (1,9).

- **Piel:**

Es el órgano de entrada de la radiación, contiene células indiferenciadas en la capa basal que son muy radiosensibles. En dosis medias y altas, puede causar inflamación, enrojecimiento, o descamación. A largo plazo puede causar fibrosis (1,9).

- **Glándula tiroides:**

En la glándula la dosis de 5 gray (Gy) es capaz de causar deficiencias metabólicas en un periodo de latencia < 1 año aproximadamente, la principal patología presentada es el Hipotiroidismo (1,9).

- **El cristalino del ojo:**

En esta zona puede desarrollarse cataratas, que es la opacidad de la vista, debido a un proceso de coagulación de las proteínas en el cristalino del ojo. Es dependiente de la

dosis, la edad del paciente, mientras más edad aumenta el riesgo de contraer consecuencias de este tipo (1,9).

- **Médula ósea o síndrome de la médula ósea:**

Se observan consecuencias tras una exposición aguda entre 3 y 5 gray (Gy), puede tener una fase prodrómica que son efectos que aparecen posterior a las 48 horas de exposición, donde se incluyen náuseas, vómitos y diarreas. Además, se puede observar a la tercera semana cuadros de leucopenia y trombopenia, acompañados de infecciones graves, sangrados, etc (1,9).

### **3.3 Medidas de la radiación**

#### **3.3.1. Unidades de medida**

La Comisión Internacional de Unidades y Medidas, estableció unidades específicas para la medición de la radiación. Estas unidades son utilizadas para definir tres dosis de radiación (1):

- a. Exposición
- b. Dosis
- c. Dosis Equivalente

Es importante que el Odontólogo conozca las unidades y medidas usadas en radiología, para poder informar sobre dosis y exposiciones al paciente (1).

Actualmente se manejan dos sistemas para determinar las mediciones radiológicas (10):

#### **1) Sistema Estándar o Tradicional.**

- Roentgen - R
- Equivalente Roentgen - en hombre – rem
- Dosis de Radiación Absorbida - rad (10)

#### **2) Sistema Sistema Internacional de Medidas (SI), es el sistema métrico más reciente.**

- Gray - Gy
- Sievert - Sv
- Columbios/kilogramo - C/kg (10)

<b>TERMINO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
Columbios (C)	Unidad de carga eléctrica , la cantidad de carga eléctrica transferida por 1 amperio en 1 seg.
Newton (N)	SI- la unidad de la fuerza, la fuerza que al actuar de forma continua en una masa de 1 kilogramo, impartirá a una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado (m/seg <sup>2</sup> ).
Amperio (A)	Unidad de intensidad de la corriente eléctrica, de corriente generada por 1 voltio contra 1 ohm de resistencia.
Erg (Erg)	Unidad de energía equivalente a $1.0 \times 10^{-7}$ julios o $2.4 \times 10^{-8}$ calorías.
Joule (J)	SI la unidad de energía equivalente al trabajo realizado por la fuerza de 1 newton actuando sobre la distancia de 1 metro
Kilogramo (Kg)	Unidad de masa equivalente a 1000 gramos o libras 2.205
Roentgen (R)	La cantidad de radiación X que produce una carga eléctrica de $2,58 \times 10^{-4}$ culombios en un kg de aire en condiciones de temperatura y presión estándar.

**Tabla 2:** *Tabla de términos de Unidades de medida de la radiación. Elaboración propia.*

Las unidades dosimétricas más empleadas en radiología para calcular las dosis incluyen la exposición expresada en C/kg aire o Roentgen (R), la dosis absorbida en Gy o rad, la dosis equivalente en Sv o REM y la dosis efectiva en Sv o REM (10).

### **3.3.2. Medición de la exposición**

La palabra exposición hace referencia a la medición de la ionización en el aire que es producida por los rayos X. La unidad de medida estándar de la exposición es el Roentgen, esta determina la cantidad de exposición a la radiación gracias a la ionización que se va a producir en el aire (1).

El Roentgen expresa la dosis de carga energética de los electrones que se generan por unidad de masa de aire. La exposición sirve para medir la radiación que recibe la piel de un paciente, un chasis o un intensificador de imágenes (10).

Esta unidad no tiene la capacidad de proporcionar información sobre el daño que causa en el paciente porque no considera la radiosensibilidad de los tejidos vivos que atraviesa durante la radiación (10).

Para la medición, un volumen de aire conocido es irradiado, los fotones de los rayos X interactúan con las partículas de aire y dan origen a la formación de iones; estos iones con cargas eléctricas, son medidos (1).

### **3.3.3. Medición de la dosis**

La dosis absorbida, es la medida de la cantidad de radiación asimilada por un tejido unitario (2). Esta unidad de medida es utilizada para expresar los efectos que provoca la radiación (11).

Debido a la intensa capacidad de penetración de la energía ionizante en los tejidos, cuando irradia una porción grande, la energía puede distribuirse en la materia como un volumen específico hacia otras regiones. El conocimiento de la capacidad de fluir de la radiación en el volumen de interés o específico, incluida la radiación dispersa, es un requisito necesario para el cálculo de la dosis absorbida (12).

La dosis de radiación absorbida es conocida con las siglas “rad”, es una unidad tradicional, al contrario del Roentgen no se considera al aire y es aplicable a cualquier forma de radiación (1).

“Rad: es una unidad especial de la dosis absorbida que es igual a la deposición de 100 ergios de energía por gramo de tejido” (1).

El equivalente del rad en el SI es el Gy, y su conversión se expresa así: (1)

$$1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy} \qquad 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rads}$$

### 3.3.4. Medición de la dosis equivalente

Esta medición se utiliza para comparar los efectos biológicos que provocan los distintos tipos de radiación. Su unidad tradicional del equivalente al Roentgen (en hombre) (rem) (1).

“Rem: Es el producto de la dosis absorbida (rads) y un factor de calidad específica para el tipo de radiación” (1)

Es una magnitud utilizada en seguridad radiológica, esta no está indicada para medir grandes dosis empleadas en un período corto de tiempo (5). La dosis equivalente es un indicador primario de protección frente a la radiación, debido a que determina los límites de radiación para el personal expuesto (10).

El equivalente del rem en el sistema SI es el Sv, y su conversión se expresa así: (1)

$$1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv} \qquad 1 \text{ Sv} = 100 \text{ rems}$$

### 3.3.5. Medidas usadas en radiología odontológica

En imagenología dental el Roentgen, rem y rad se consideran términos semejantes, en cambio el sievert y el gray son completamente iguales. Los valores más pequeños de estas medidas son los que se utilizan en la radiología odontológica, debido a que la radiación emitida en este tipo de exámenes es relativamente muy baja. Al utilizar la palabra “mili” quiere decir 1/1000, permite a que el profesional represente en mínimas cantidades de exposición la dosis y dosis equivalente (1,3).

Las dosis utilizadas en exámenes radiográficos con fines dentales como por ejemplo las imágenes periapicales, la zona de exposición de tejido a la radiación es relativamente baja por lo tanto la dosis también es menor, así mismo sucede con las panorámicas, laterales de cráneo etc., en conclusión estas medidas no deben sobrepasar los 100 mSv al año (3).

Magnitudes adecuadas para establecer niveles de referencia para diagnóstico (13)

**Tabla 3:** *Tabla de tipo de medidas. Elaboración propia.*

### 3.4. Riesgo de la radiación

TIPO	MAGNITUD RECOMENDADA	UNIDAD RECOMENDADA
Rx Intraoral	Ka, i	mGy
Rx Panorámica	PKA	mGy.cm <sub>2</sub>
	DLP	mGy.cm
Rx Lateral de Cráneo	Ka, e	mGy
	Ka, r	mGy
CBCT	DLP	mGy

#### 3.4.1. Fuentes de exposición a la radiación

Todos estamos expuestos a fuentes naturales de radiación ionizante, como es el suelo, el agua o la vegetación, así como a fuentes artificiales, tales como los rayos X y algunos dispositivos médicos, concuerdan estos dos autores (1,14).

Los seres humanos están expuestos diariamente a la radiación de fondo, una forma de radiación ionizante que se ubica en el medio ambiente, la cual incluye a la radiación cósmica y la radiación terrestre (1).

La radiación médica, es artificial, en donde se incluyen procedimientos como radiografía dental, medicina nuclear, fluoroscopia, y terapia por radiación (14). Este tipo de exposición es similar a la dosis promedio anual del resto de las exposiciones juntas y es la mitad de la cantidad normal absorbida en una exposición. (1)

Los seres humanos están expuestos a la radiación natural y radiactiva a diario. La radiación natural proviene de varias fuentes, como más de 60 sustancias radiactivas naturales que se encuentran en el suelo, el agua y el aire (1). El radón es un gas natural que se emite desde las rocas y el suelo y es la principal fuente de radiación natural (14).

#### 3.4.2 Riesgos y estimaciones de riesgo

El riesgo se conoce como la probabilidad de contraer alguna enfermedad por radiación, en las radiografías el riesgo de tener cáncer fatal es de uno en tres millones lo que lleva a la conclusión de que es más fácil morir por actividades cotidianas (1).

El riesgo de desarrollar cáncer de forma espontánea en una persona es mucho más alto, tres mil treientos en un millón (1).

### **3.4.3. Radiación dental y riesgos de la exposición**

Generalmente las radiografías dentales, hace referencia a de radiografías periapicales, panorámicas, oclusales ,etc, las cuales tiene una baja exposición a la radiación, pero siempre se tiene que aplicar los protocolos de protección necesarios aunque los riesgos sean mínimos (1). En cualquier caso, la mejor manera de prevenir cualquier problema relacionado con la exposición a la radiación es seguir siempre las instrucciones del profesional a cargo de la salud (1).

Sin embargo, las técnicas y herramientas utilizadas para realizar radiografías dentales están diseñadas para reducir los riesgos para la salud al disminuir la exposición del cuerpo y tomar medidas preventivas (2). Se toman precauciones para garantizar que sea lo más baja posible (2).

#### **Elementos de riesgo**

- **Glándula tiroides:**

A pesar de que la glándula tiroides no es irradiada por el haz primario en los procedimientos radiográficos dentales, se produce la exposición a la radiación de la tiroides (1). Una dosis estimada de 6000 mrad (0,06 Gy) es necesaria para producir cáncer en la glándula tiroides, una dosis tan grande no incurre en la radiografía dental (1).

- **Médula Ósea:**

El porcentaje del área de la médula ósea activa del maxilar y la mandíbula expuesta durante la radiografía dental es muy bajo (1).

- **Piel:**

Un total de 250 rads (2,5 Gy) en un período de 14 días provoca eritema, o enrojecimiento de la piel (2). Para producir alteraciones el paciente tendría que expuesto a más de 500 películas en 14 días, esto es casi imposible en radiología dental (1).

- **Ojos:**

Más de 200.000 rad (2 Gy) son necesarios para inducir la formación de cataratas (opacidad del cristalino) en los ojos (1). Una vez más, dosis tan altas no son consideradas en la radiografía dental (1,2).

### **3.3.4. Riesgo vs beneficios de las radiografías dentales**

Los riesgos son mínimos en las radiografías dentales sobre todo cuando se usan las medidas pertinentes de protección mientras que los beneficios incluyen un mejor diagnóstico al paciente y prevención de complicaciones por la anatomía del ser humano (1). Cuando las radiografías dentales son debidamente prescritas, el beneficio de la detección de la enfermedad es mucho mayor que el riesgo de daño por la radiación X (14).

### **3.5. Protección contra la radiación**

La protección radiológica tiene como objetivo garantizar el uso de radiaciones de tipo ionizante con el daño más bajo posible en el ser humano (15). La radiación ionizante es un tema que requiere un amplio estudio sobre seguridad con el objetivo de reducir al mínimo los riesgos que esta pueda causar en los tejidos expuestos, tanto en el paciente como en el operador radiológico (1)

Cuando recién se descubrió la radiación varios pioneros tuvieron efectos adversos luego de una exposición exagerada y sin medida, donde algunos perdieron dedos, partes de su cuerpo y a otros los llevó hasta la muerte (15).

El uso de radiación ionizante involucra el acatamiento de reglas y recomendaciones, en donde los beneficios deben tener ventaja sobre los potenciales de daño causados. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) plateó un sistema de protección basado en tres principios: (15)

- a) Principio de justificación: Cuando se necesite usar radiación ionizante esta debe ser para un beneficio únicamente positivo para la persona. Quiere decir que todos los exámenes radiológicos realizados deben estar estrictamente justificados y que el beneficio sea mayor que el daño que pueda causar (15).
- b) Principio de optimización: Luego de que su uso sea correctamente argumentado, se debe garantizar que este procedimiento esté optimizado, es decir que la imagen obtenida sea de óptima calidad con dosis bajas al paciente (15). La imagen de rayos x para ser óptima debe tener nitidez y una buena visibilidad, en donde se observan a detalle todas las estructuras implicadas a tratar <sup>15</sup>. De esta forma se aseguran que existan los niveles más bajos posibles que de forma racional se puedan conseguir, tomando en cuenta factores económicos (16).
- c) Principio de limitación de dosis: El límite se emplea para el radiólogo y el público expuesto, este no aplica en pacientes. No existe un límite para los pacientes irradiados, únicamente existen rangos de referencia para optimizar su protección (15).

### **3.5.1. Protección del paciente**

El uso de los rayos x afecta negativamente a las células vivas de los tejidos del organismo. Con el uso correcto de las medidas de protección del paciente, la cantidad de radiación recibida en las células es menor, minimizando los efectos colaterales. Se deben utilizar antes, durante y después de la exposición (1).

#### **3.5.1. a Antes de la exposición**

Como medida de protección antes de la exposición se requiere una justificación en donde supere el beneficio al daño. También es necesario que el equipo de rayos x se encuentre con total funcionamiento, con valores regulados y que este cumpla con lineamientos federales, con el objetivo de reducir al mínimo la cantidad de radiación X que reciba el paciente (1).

- **Prescripción de Radiografías Dentales**

Es el primer paso y el más importante, aquí se toman en cuenta los principios de la ICRP (1). La persona encargada de esto es el odontólogo, quien toma la decisión usando su juicio profesional determinando el número y tipo de radiografía dentales necesarias (1).

Cada paciente debe ser evaluado individualmente, debido a que poseen condiciones diferentes y en base a esto se toma la decisión correcta de la radiografía dental requiere (1).

Todas las directrices emitidas por la Asociación Dental Americana (ADA) junto con la Administración de Drogas y Alimentos de EEUU (FDA) para la prescripción de radiografías se resumen en incentivar la protección del paciente frente a la radiación (15).

- **Equipo Idóneo**

El uso de un buen equipo es esencial para minimizar riesgos de exposición (6). El cabezal del equipo debe contar con filtros de aluminio propios, colimador de plomo y un posicionador (15).

**Filtración:** Existe dos tipos de filtración que se dan en el cabezal del equipo:

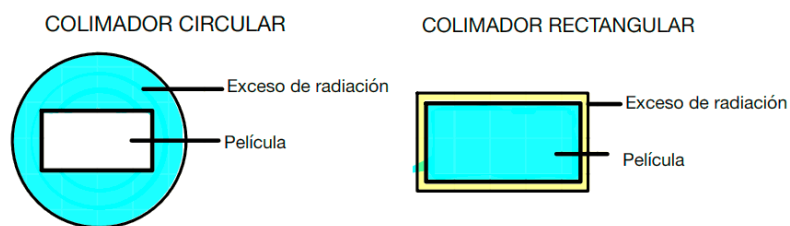
1. Filtración Inherente se da cuando el haz primario atraviesa la ventana de vidrio del tubo de rayos X, el aceite y el cabezal. La filtración es aproximadamente de 0,5 a 1,0 mm de aluminio. Esa filtración no cumple con los estatutos por lo mismo se le añade filtración (1).
2. Filtración Añadida se colocan discos de aluminio en el proceso, entre el colimador y el sello del cabezal, los discos pueden añadir incrementos de 0,5 mm con la finalidad de filtrar longitudes más amplias pero de baja energía (1).

El equipo debe tener filtración, es decir eliminar los fotones de energía baja que tienen la capacidad de aumentar innecesariamente la dosis efectiva. Nunca se debe utilizar los mismos tiempos de exposición y valores de voltaje de pacientes adultos en pediátricos (15).

**Colimación:** Se emplea para reducir el tamaño y la forma del haz de rayos x, y así minimizar la exposición del paciente a la radiación (1). La Colimación debe ser adecuada, el volumen del campo del haz se adapta a la zona de interés. No se debe utilizar FOV (Field of View o Campo de Visión) de niños en adultos (15).

Además, un dato importante en la toma de radiografías panorámicas y en CBCT (Con Beam Computed Tomography) es asegurar un correcto posicionamiento de la cabeza del paciente (15).

Un colimador de forma circular o redonda produce un haz de rayos X en forma de cono de 2,75 pulgadas, mucho más grande que el tamaño de dos películas (1). Por otro lado, un colimador de forma rectangular restringe el tamaño del haz, a un área más grande que un tamaño de dos películas y reduce la exposición al paciente (1).



**Figura 3:** Tipos de Colimadores. *Elaboración propia.*

### **Dispositivo de indicador de posición:**

(DIP) También llamado cono, es una extensión que sale del cabezal, y es utilizado para guiar el haz. Existen tres tipos que son lo más comunes: (1)

-Cónico: un cono puntiagudo cerrado, de plástico. Los rayos al salir del cono atraviesan el plástico y se da una radiación de forma dispersa, por esta razón ya no es empleado en odontología (1).

-Redondo y Rectangular: más utilizados, existen dos tamaños: corto de 8 pulgadas y largo de 16 pulgadas (1). El largo es más conveniente porque ocasiona menor dispersión de los rayos emitidos y el más eficaz es el rectangular en cuanto a reducir exposición al paciente (1).

### **3.5.1. b Durante la exposición**

Estas medidas de protección son las más importantes, el paciente debe utilizar dispositivos durante la exposición para proteger a los tejidos de la radiación ionizante, evitando futuras consecuencias (15).

Se recomienda el uso del collar tiroideo y el delantal plomado de espesor adecuado, sobre todo en niños y mujeres embarazadas. En panorámicas el uso del collar debe ser indispensable para protección de la glándula tiroides (la glándula tiroides presenta alta sensibilidad frente a la radiación ionizante) y el esófago sin embargo el collar tiroideo en la obtención de radiografías panorámicas suele producir artefactos de imagen (15,17).

Además, existen guantes plomados para proteger manos, brazos y hombros que están expuestos de forma directa. En cefalometrías y CBCT el uso de collar es usado sólo cuando la colimación no descarte la tiroides (15). Todos estos se utilizan para limitar la cantidad de radiación que recibe el paciente (17).

Se recomienda utilizar un dosímetro, el cual es un instrumento que se encarga de medir la cantidad de rayos que pueden ser absorbidos en el paciente, suele ser utilizado por el operador, no por el paciente (17).

- **Collarín Tiroideo**

Es un protector de plomo, es flexible y al colocar cubre rígidamente la zona alrededor del cuello. Su función es proteger la glándula tiroides y parte del esófago, frente a la dispersión de la radiación. El plomo es un material que previene la radiación de esta zona y protege los tejidos que son sensibles (1).

El collar puede estar unido al delantal de plomo o como un elemento aparte (1). Este instrumento no se recomienda para la toma de radiografías extraorales, debido a que en este tipo de radiografías en ocasiones puede ocultar información y por consiguiente un mal diagnóstico (1).

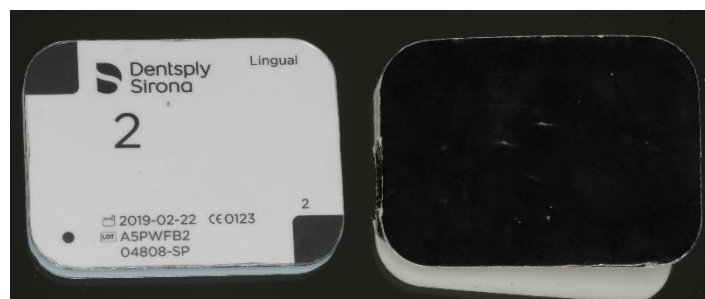
- **Delantal de Plomo**

Es un escudo flexible, se ubica sobre todo el pecho del paciente con la función de proteger todos los órganos, principalmente los tejidos reproductivos que pueden ser afectados por la radiación ionizante. El plomo tiene la capacidad de impedir la dispersión de la radiación. Se utiliza en la toma de imágenes extra e intraorales, de igual manera en pacientes adultos y niños (1).

El chaleco debe tener una equivalencia de plomo de 0,25 a 0,5 mm, para proteger tejidos radiosensibles, a pesar de la baja radiación ligada a la radiografía dental (17).

- **Película Rápida**

Es el instrumento más eficiente para protección y reducción del tiempo de exposición del paciente, existen de tipo extra e intraoral. Hoy en día la película de velocidad F, es la más rápida disponible en el mercado. Este tipo de películas permiten una reducción adicional de aproximadamente el 20% de la exposición frente a otras películas. Si comparamos con películas tradicionales, frente a a imagen digital se requiere de menos exposición del paciente y así la dosis es mucho más baja (1).



**Figura 4:** Sensor digital. *Elaboración propia*

- **Selección del Factor de Exposición**

Tiene la función de limitar la cantidad de exposición, el radiólogo odontólogo puede controlar estos valores mediante el ajuste del pico de kilovoltaje, tiempo, miliamperaje: valores de ajuste de 70 a 90 kVp es una exposición mínima al paciente (1).

- **Dispositivos de Alineación del Haz**

Estos dispositivos de alineación son eficientes para minimizar la reducción de la exposición. Este instrumento protege y ayuda a estabilizar el receptor que está en la boca y disminuye las posibilidades de que se produzcan (1).



**Figura 5:** Posicionadores Radiográficos: Ayudan a minimizar la exposición, existen varios tipos de acuerdo al cuadrante a ser examinado. *Elaboración propia*

- **Técnica Adecuada**

El radiólogo debe tener un amplio conocimiento de las técnicas y sus usos. La técnica adecuada ayuda a asegurar una imagen con calidad diagnóstica y por consiguiente reducir la cantidad de exposición sin causar daños indeseados. Las técnicas más usadas son la bisectriz, paralela y aleta de mordida (1).



**Figura 6:** Elegir técnica adecuada. *Elaboración propia*

### **3.5.1. c Después de la exposición**

Es importante que para la protección radiológica la decisión de la imagen a tomar debe garantizar (15):

- Un beneficio anticipado para el paciente (no por presión familiar)
- Tener como base una evidencia científica actualizada
- Validación de un consentimiento informado (15).

### **3.5.2. Protección del operador**

Aun sabiendo que la dosis recibida por el odontólogo es más baja que la que recibe el paciente, el profesional debe recibir una protección adecuada. El uso de técnicas adecuadas y medidas de protección del operador se puede reducir en gran escala la cantidad de radiación que se recibe durante la toma de la imagen (1). Ellos también deben tener medidas de protección para reducir la exposición laboral. Existen tres tipos de radiación laboral: (15).

- Primaria: proviene del haz de radiación
- Dispersada: proviene del paciente
- De fuga: la que sale o se escapa del tubo de rayos X (15).

La vigilancia radiológica es la revisión de forma profesional con el fin de comprobar o constatar el cumplimiento de las guías de protección frente a la radiación ionizante (18).

El personal profesional debe cumplir ciertas reglas: (18).

- Hacer uso adecuado del equipo de protección.
- Recibir y aceptar instrucciones y capacitaciones relacionadas con la protección y seguridad radiológica
- Cumplir con todas las normas y procedimientos de protección aplicables en el desempeño de sus funciones

- Es responsabilidad del operador revisar y verificar que la suma de las dosis no supere los límites sugeridos

### **3.5.2. a Directrices de protección**

El propósito de las directrices de protección es brindar al profesional toda la información sobre seguridad indispensable cuando se trabaja en contacto con radiación ionizante (1). Se basan en la regla que: *El Técnico dental debe evitar el haz principal*, quiere decir que este haz es el más dañino por lo cual el operador debe protegerse principalmente de este con recomendaciones sobre distancia, blindaje y posición (1).

- **Distancia:**

La distancia adecuada es una de las maneras más eficaces que se pueden utilizar con la finalidad de que el operador no reciba de forma directa el haz primario <sup>1</sup>. Debe mantenerse lo más alejado posible de la fuente, puesto que la intensidad de va disminuyendo en relación directa con la distancia (15,18).

- **Tiempo:**

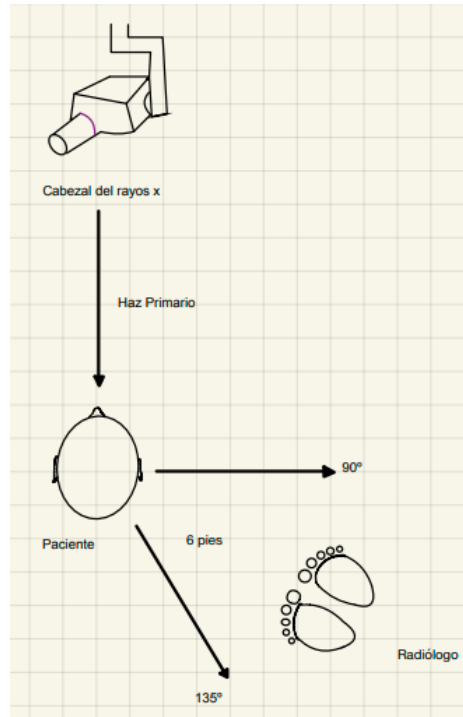
Disminución del tiempo es primordial, se debe disminuir al máximo la duración de la exposición (18).

- **Posición Sugerida:**

Una de las formas para evitar ser irradiado, es que el operador adopte una posición correcta durante la exposición (1). El haz es emitido de forma recta, y para evitar que este alcance al radiólogo, debe posicionarse de forma perpendicular al haz principal o de 90 a 135° grados en relación al paciente (1).

Además incluye que el radiólogo: (1)

- No debe sostener el cabezal durante la exposición
- No debe mantener la película en su posición, si no el mismo paciente mantener esta en su lugar durante la exposición (1).

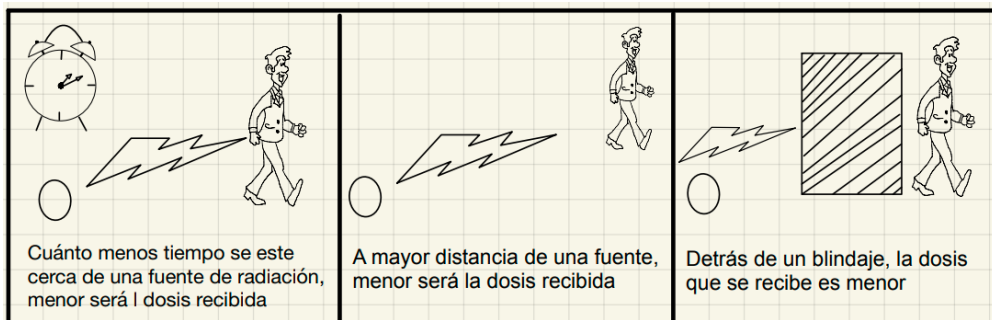


**Figura 7:** Directrices de protección. Se sugiere que el radiólogo se coloque en el ángulo de  $90^\circ$  a  $135^\circ$  del haz primario. Elaboración propia.

- **Blindaje:**

Es necesario colocar pantallas protectoras, que actúan como barreras entre la fuente de radiación y las personas (1). Estas barreras tienen la función de absorber el haz emitido, y debe estar incorporado en el diseño de la oficina, protegiendo a todas las personas que se encuentran alrededor (18).

Las más utilizadas son láminas de plomo y cristales enriquecidos de plomo, y muros de hormigón (18). Sin embargo, aún existen construcciones donde incorporan esta medida de protección en las paredes con el uso de varias capas de materiales de construcción tales como paneles de yeso, haciendo estas paredes más gruesas, para que no exista dispersión (1).



**Figura 8:** *Importancia de la distancia y el blindaje. Elaboración propia.*

### **3.5.2. b Vigilancia radiológica**

La vigilancia es utilizada para proteger al profesional, incluye el control tanto del equipo como de todo el personal involucrado (1).

- **Personal de Monitoreo**

La cantidad de radiación que es absorbida por el profesional es medible a través del uso de dispositivos personales de vigilancia llamado Dosímetro de Vigilancia de radiación, la cual se puede obtener en cualquier empresa encargada de estos servicios (1).

El dosímetro se basa en un trozo de película sostenido en un soporte de plástico, todos los radiólogos deben tener su propio dispositivo (1). El profesional debe colocarse el dosímetro a nivel de la cintura en cada exposición a radiación ya sea a películas de rayos X o sensores digitales. Se recomienda que estos deben ser almacenados en un área segura (1).

- **Equipos para el Monitoreo**

Los equipos de rayos X, deben tener un estricto control para detectar una posible fuga. Una fuga se entiende a cualquier radiación que se emita desde el cabezal dental, excluyendo al haz principal (1). Por ejemplo, si el cabezal tiene un sellado defectuoso, tendrá como consecuencia una fuga de radiación (1).

Para el monitoreo del equipo de rayos X, existe un dispositivo de película que es capaz de detectar la fuga, este instrumento se puede obtener por medio del departamento estatal de salud o a la vez con fabricantes de los equipos dentales (1).

### **3.5.3 Directrices de la exposición a la radiación**

Se deben usar ciertos protocolos de protección contra la radiación ionizante además de que todas las exposiciones se pondrán al nivel más bajo que sea razonablemente, sin sobrepasarse en ningún caso los límites anuales de dosis legalmente establecidos (19).

Las medidas de protección radiológica, incluidas las fuentes de radiación natural y manipulada intencionalmente, están destinadas a mantener los niveles de exposición y el número de personas expuestas lo más bajo posible. Entre las medidas más importantes se presentan: (19).

- Limite el tiempo de contacto.
- Aumente la distancia a la fuente radiactiva.
- Escudo y uso de escudos.
- Protección de estructuras, instalaciones y áreas de trabajo.
- Protección de los empleados y procedimientos de trabajo seguros.
- Gestión de residuos.
- Plan de emergencia

### **3.5.3. a Legislación sobre seguridad de la radiación**

Según el Decreto núm. 3640 de Seguridad Radiológica. El cual tiene como objetivo proteger contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes a la población del país, en general, y en particular, a las personas que trabajan con dichas radiaciones (20).

### **3.5.3. b Dosis máxima permitida**

La dosis máxima permisible (DMP) es definida como un equivalente a la dosis máxima que un cuerpo puede recibir en un plazo de tiempo específico, es decir hasta donde el cuerpo puede resistir sin sufrir ninguna lesión (1).

La industria nuclear, los hospitales y los centros de investigación vierten al medio ambiente material radiactivos (20). Estos desechos se hacen de forma controlada y respetando los límites fijados, las personas reciben dosis de radiación como

consecuencia de los productos de consumo utilizados normalmente, como detectores de humo, relojes luminosos y televisores en color, y también en los viajes por avión (a consecuencia de los rayos cósmicos). La dosis anual promedio que se debe a estas causas es de 10  $\mu$ Sv, pudiendo alcanzar hasta 1 mSv (20).

Las personas que laboran y están activamente expuestas la dosis es 0.05 Sv/año, para personas no expuestas ocupacionalmente la dosis es de 0.001 Sv/año. La DMP para una paciente embarazada que se encuentra activamente expuesta en el campo laboral, es igualmente de 0,001 Sv/año (1).

La dosis de radiación que puede recibir la población en general por irradiación externa no deberá exceder el diez por ciento (10%) de los valores especificados (20).

ÓRGANO	Dosis Máxima Permitida
Cuerpo entero, gónadas, médula ósea.	5 rem/año
3 rem/trimestre	
	30 rem/año
	15 rem/trimestre
Manos, antebrazos, pies, tobillos	75 rem/año
	40 rem/trimestre
	15 rem/año
	8 rem/ trimestre

**Figura 9:** Relación de la dosis máxima permitida con el órgano. Elaboración propia.

### 3.5.3 c Dosis máxima acumulada

La dosis máxima acumulada (DMA), es cantidad de radiación que puede recibir como máximo los trabajadores activamente expuestos a la radiación de por vida (1).

Para las personas que están constantemente expuestos el límite es de 100 mSv acumulados en cada cinco años consecutivos, con un máximo de 50 mSv en cada año mientras que para los miembros del público es de 1 mSv (21).

Para conocer la dosis máxima acumulada de una persona expuesta profesionalmente, se utiliza la siguiente fórmula: (21).

$$DMA = (N - 18) \times 5 \text{ rems/año}$$

$$DMA = (N - 18) \times 0.05 \text{ Sv/año}$$

Donde N se refiere a la edad de la persona en años (21).

### **3.5.3 d Concepto de ALADA**

Un punto fundamental dentro de la protección radiológica fue la implementación de la abreviatura ALADA dispuesto por la ICRP, se propone ALADA por su significado en inglés "As Low As Diagnostically Acceptable" que quiere decir "tan bajo como aceptable desde el punto de vista del diagnóstico" (22). Tiene el objetivo de enfatizar el valor o importancia de optimizar los exámenes radiográficos deseados (22).

### **3.5.4. Protección contra la radiación y educación del paciente**

Quienes manipulen equipos radiográficos dentales deben contar con la respectiva certificación, así como con una adecuada capacitación para el uso apropiado del sistema. El radiólogo, debe estar preparado para explicar los protocolos de protección del paciente antes, durante y después de la exposición (1). Además, debe estar dispuesto a responder cualquier inquietud o duda que el paciente pueda tener. Mientras el profesional coloca las protecciones al paciente puede realizar una pequeña conversación informal en donde puede incluir comentarios como estos: (1).

- "Antes de empezar, déjenme decirles cómo nuestra oficina hace todo lo posible para protegerse de la radiación innecesaria " (1).
- "Antes de que lo expongan a los rayos X, estos fueron revisados por su odontólogo en función de su necesidad. El equipo de rayos X que usamos con frecuencia se prueba para asegurar que las directrices de radiación estatales y federales de seguridad se cumplan" (1).
- Durante la exposición a los rayos X, se utiliza un collar tiroideo y un delantal de plomo para proteger su cuerpo contra la radiación excesiva" (1).
- Si se utiliza la radiografía digital: "Nuestra oficina utiliza los procedimientos de imágenes digitales que reducen su exposición a la radiación significativamente

en comparación con la tradicional, la radiografía basada en película radiográfica" (1).

Finalmente es fundamental la formación continua del personal para mejorar las prácticas en radiodiagnóstico y protección radiológica (1). También es necesario que en el consultorio se tenga un folleto u hoja de información, en donde el paciente cuente con todas las instrucciones y datos relevantes sobre la toma de radiografía a la que se va a someter; y colocar carteles que contengan imágenes claras que indiquen las medidas de protección obligatorias (1).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía Dental - Principios y técnicas. AMOLCA ed. Cruz GS, editor. New York: Amolca ; 2013.
2. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. Rodríguez AIT, editor. Barcelona - España: Elsevier; 2021
3. Ramirez L, Ruiz V, Hidalgo A. El uso de rayos X en odontología y la importancia de la justificación de exámenes radiográficos. Av Odontoestomatol [Internet]. 2020 [citado el 1 Mayo 2022]; 36 (3): 131-42. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-12852020000300002](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852020000300002)
4. Maldonado O, Jiménez E, Gaupillo M, Ceballos G, Méndez E. Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. Revista Med UV. [Internet]. 2010 [citado el 1 Mayo 2022]; Pág: 32-39. Disponible en: [https://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol10\\_num2/articulos/radic\\_ales.pdf](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol10_num2/articulos/radic_ales.pdf)
5. Robert N, Cherry J. Capítulo 48. Radiaciones ionizantes. Revista Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. [Internet] 1998 [citado el 1 Mayo 2022]; Pág: 1-46. Disponible en:

<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes>

6. White E, Pharoah. Radiología Oral, Principios e Interpretación. Cuarta edición. editor. Barcelona - España: Elsevier; 2021.
7. Real Gallego A. Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes. En: Master en Física Biomédica. España. 2014. Pág 1-51. Disponible en: [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-19202/Efectos%20de%20las%20RI\\_UCM\\_27%20nov%202014\\_A%20Real\\_pdf.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-19202/Efectos%20de%20las%20RI_UCM_27%20nov%202014_A%20Real_pdf.pdf)
8. Puerta J, Morales J. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Revista Colombiana de Cardiología. [Internet] 2020 [citado el 1 Mayo 2022]; Pág: 61-71. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300061>
9. Curso de SUPERVISORES de instalaciones radiactivas (IR) MÓDULO BÁSICO [Internet]. Ciemat.es. [citado el 23 de julio de 2022]. Disponible en: [https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/1581136598\\_1572009112950.pdf](https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1581136598_1572009112950.pdf)
10. Andsico D, Blanco S, Buzzi A. Dosimetría en radiología. Revista Argentina de Radiología. [Internet]. 2014 [citado el 1 Mayo 2022]; Vol 78 (2). Pág: 114-117. Disponible en: [https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/septiembre14/argentina/arg\\_es\\_p\\_a.pdf](https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/septiembre14/argentina/arg_es_p_a.pdf)
11. Ubeda C, et al. Magnitudes y unidades para dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico e intervencionismo. Revista Chilena de Radiología. [Internet]. 2015 [citado el 1 Mayo 2022]; Vol 21 (3). Pág: 94-99. Disponible en:

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082015000300004](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082015000300004)

12. Dance D, Christofides S, Maidment AD, McLean ID, Ng K. Diagnostic Radiology Physics. Vienna. International Atomic Energy Agency. 2014.
13. Ubeda C, et al. Niveles de Referencia para Diagnóstico en Procedimientos Radiológicos Dentales: Una Guía Práctica. Revista Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2020 [citado el 1 Mayo 2022]; Vol 14 (4). Pág: 610-116 Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/ijodontos/v14n4/0718-381X-ijodontos-14-04-610.pdf>
14. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [Internet]. Who.int. [citado el 23 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
15. Wilches JH, Castillo MC, Khoury H. Protección Radiológica en Radiología Dental. Rev. CES Odont. [Internet] 2021 [citado 10 Jun 2022] Vol 34 (1). Pag: 52-67. Disponible en: <https://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/5557>
16. Delgado O, Fernández O, Leyton F, Rodríguez AM, Tagle S. Manual de Protección Radiológica y de Buenas Prácticas en radiología Dento-Maxilo-Facial. Chile. Ed. Instituto de salud pública. 2021.
17. Ayala R, Fiori G. Revisión de las Principales Normas de Protección Radiológica para el Uso de Equipos de Rayos X en Odontología. Rev. Cient Odontol (Lima). [Internet] 2019 [citado 10 Jun 2022] Vol 7(2). Pág: 119-133. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/odontologica/article/view/538/619>

18. Preciado M, Luna V. Medidas Básicas de Protección Radiológica. Rev Instituto Nacional de Cancerología, México. [Internet] 2010 [citado 10 Jun 2022] Vol 5. Pág: 25-30. Disponible en: <http://incan-mexico.org/revistainvestiga/elementos/documentosPortada/1294860259.pdf>
19. Pascual A, Ingeniero B, Químico T, Gadea E, Licenciado C, Químicas C. NTP 304: Radiaciones ionizantes: normas de protección [Internet]. Insst.es. [citado el 23 de julio de 2022]. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_304.pdf/a4172a24-65a0-42a9-add3-9428100fa070](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_304.pdf/a4172a24-65a0-42a9-add3-9428100fa070)
20. Gob.ec. [citado el 23 de julio de 2022]. Disponible en: <http://www.calidadsalud.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/Doc/normativa%20general/DECRETO%203640%20REGLAMENTO%20DE%20SEGURIDAD%20RADIOL%C3%93GIC A.pdf>
21. Csn.es. [citado el 23 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Dosis%20de%20radiaci%C3%B3n#:~:text=Radiaci%C3%B3n%20natural%20y%20radiaci%C3%B3n%20artificial,-A%20efectos%20de&text=Para%20los%20traba%2D%20jadores%20profesionalmente,p%C3%ABlico%20es%20de%201%20mSv.>
22. Jaju P, Jaju S. Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. Imaging Science in Dentistry. [Internet] 2015 [citado el 10 Jun 2022]; Vol 45. Pág: 263-265. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4697012/>





**Autorización de publicación en el repositorio institucional**

**María Emilia Granda Larriva** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0107291072**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Capítulo III: ¿Cómo me protejo de la Radiación Ionizante? Del libro "Rompiendo mitos de la Radiología Dental y Maxilofacial"**", de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **17 de agosto de 2023**

  
F. \_\_\_\_\_

**María Emilia Granda Larriva**

**C.I. 0107291072**