

**REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**



**Estudio Comparativo del Nivel de Exposición de Radiaciones
Ionizantes Directa Vs. Indirecta en Endodoncia.**

SUSTENTANTES

Dra. Fior Nelisa Pérez Mejía 15-0502

Dra. Amanda M. Moronta Ureña 23-1246

Los conceptos emitidos en el presente trabajo final son de la exclusiva responsabilidad de sus sustentantes.

Docente especializada

Dra. Sonia Rodríguez, D.D.S, Ma. E.S

Docente titular

Dra. María Teresa Thomas D.D.S., Ph.D

SANTO DOMINGO D,N.

30 de Abril, 2025

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre Fior Daliza Mejía, quién me ha impulsado y aconsejado a tomar las mejores decisiones de mi vida. Al igual, el apoyo y la ayuda de mi padre Nelson Pérez, quién ha invertido en mi desarrollo profesional de manera incondicional.

Dra. Fior Nelisa Pérez Mejía

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto, en primer lugar a Dios, por ser mi faro en la oscuridad, mi fuerza en la debilidad y la luz que ha iluminado cada paso de este camino. Sin su guía, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, Víctor Moronta y Margarita Ureña, quienes con su amor incondicional, sacrificios silenciosos y fe constante en mí, me han impulsado a alcanzar este logro. Todo lo que soy y todo lo que he logrado, se los debo a ustedes.

A mi hermano, Víctor A. Moronta (Armandito), por ser mi soporte inquebrantable, mi ejemplo de resiliencia y mi mayor compañero de vida. Gracias por tu cariño, tu comprensión y tu presencia constante.

A mis sobrinos, Ximena Moronta y Diego Moronta cuya ternura, alegría y amor puro han sido un bálsamo para el alma en los días más difíciles. Ustedes me recuerdan cada día por qué vale la pena luchar.

Esta dedicatoria es un pequeño reflejo del inmenso amor y gratitud que siento por cada uno de ustedes. Esta meta también les pertenece.

Dra. Amanda M. Moronta Ureña

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco al tiempo de Dios que es perfecto y sabe en qué lugar debemos estar y con qué propósito. Segundo, agradecida eternamente con mis padres quienes han estado presentes desde el día uno en que decidí estudiar Odontología hasta este momento en donde me verán culminar una etapa más de mi carrera que es esta gran oportunidad de tener una Maestría en el área de Endodoncia.

Agradecida también con mi compañera la Dra. Amanda Moronta, con quién he compartido esta experiencia de constante aprendizaje y momentos que nos han ayudado a ser mejor cada día, siempre mostrando su apoyo y consejo más sincero cuando más lo necesitaba. Al igual quiero agradecer a mis demás compañeras (os) de Maestría y a Leonor por toda su paciencia y ayuda en el área de despacho de materiales de Endodoncia.

Finalmente, agradezco a mi respectiva asesora especializada; la Dra. Sonia Rodríguez, por su ayuda y significativa colaboración en cada proceso a realizar de nuestra tesis. Su valiosa comprensión hacia nuestras ideas y el aporte de la observación a cada detalle a mejorar, así como su motivación hacia nosotras, en cuanto a dirigir esta investigación al conocimiento de un público mayor. Así también, muy agradecida de mi asesora metodológica y estimada coordinadora de Maestría en Endodoncia la Dra. María Teresa Thomas, por ser una excelente líder y guía en el tiempo, que impulsa y mantiene viva esa luz en cada uno de nosotros para luchar por nuestros objetivos, y que desde su sabia experiencia nos ha transmitido el mejor regalo que es el don del conocimiento de saber qué hacer o no hacer, en base a nuestro criterio personal de la literatura basada en evidencia.

Dra. Fior Nelisa Pérez Mejía

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía constante, mi fortaleza en los momentos de duda y mi refugio seguro en los días de incertidumbre. Cada logro, cada paso, ha sido posible gracias a Su presencia amorosa en mi vida.

A mis padres, Víctor Moronta y Margarita Ureña, no existen palabras suficientes para agradecer todo lo que han hecho por mí. Su amor, su ejemplo de trabajo y su apoyo incondicional han sido el motor que me impulsó a seguir adelante, incluso cuando el camino se volvía cuesta arriba. Este logro es también suyo.

A mis hermanos Víctor A. Moronta, y a Yamel Ricardo, gracias por abrirme las puertas de su hogar, por brindarme un espacio lleno de amor, comprensión y tranquilidad. Vivir este proceso acompañada por ustedes fue un regalo que siempre atesoraré.

A mis amigos del alma: Claudy Gómez, Kimberly Canot, Katherine Canot, Claris Gerónimo, Daniela Santana, Camilla Escarramán y Eduardo Herrera, gracias por ser ese abrazo en la distancia, por sus palabras de aliento, por las risas compartidas y por estar, siempre. Ustedes han sido mi red de apoyo emocional y mi recordatorio constante de que no estaba sola. A Máximo Canot e Yris Tavárez, gracias por adoptarme como una hija más. Su apoyo constante, su cariño y sus palabras sabias fueron fundamentales para mí. En cada paso de este proceso, su presencia fue una bendición.

A mi compañera de tesis, la Dra. Fior N. Pérez, gracias por tu entrega, tu compromiso y por caminar a mi lado durante todo este proceso. Compartir esta experiencia contigo fue un verdadero privilegio.

A mis compañeras de la Maestría en Endodoncia y a Leonor, gracias por ser parte de este viaje, por cada conversación, cada desvelo compartido y cada momento que nos ayudó a crecer juntas como profesionales y como personas.

A mi asesora metodológica y coordinadora de la maestría, la Dra. María T. Thomas, gracias por su calidez, su orientación cercana y por el apoyo constante que me brindó durante el desarrollo de esta tesis. Su confianza y acompañamiento hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora. A la Dra. Sonia Rodríguez, mi asesora especializada, gracias por su guía experta, su tiempo y su dedicación, que fueron esenciales para dar forma y solidez a esta investigación.

Finalmente, a todos los docentes de UNIBE, gracias por sembrar conocimiento con pasión y por formar parte de mi crecimiento profesional. Cada uno dejó una huella en este camino. Gracias a todos, de corazón, por ser parte de esta etapa tan significativa en mi vida. Este logro no es solo mío, es de todos ustedes.

Dra. Amanda M. Moronta Ureña

RESUMEN

Objetivo: Este estudio tiene como propósito medir la cantidad de radiaciones ionizantes directas e indirectas al utilizar el rayo X portátil, durante un tratamiento endodóntico, y evaluar la eficacia del disco de retrodispersión.

Metodología: Evalúa los niveles de exposición a radiaciones ionizantes en endodoncia, mediante la comparación de diversas configuraciones de equipos de rayos X. Para esto, se empleó un instrumento de recolección de datos diseñado específicamente para este trabajo, el cual será complementado con literatura relevante sobre radiología, endodoncia y protocolos de seguridad. En el marco de la investigación, se llevarán a cabo ocho simulaciones de endodoncia por cada configuración de rayos X, evaluando el uso de dispositivos con y sin disco de retrodispersión, así como con escudo doble plomo. Además, las configuraciones de exposición se ajustarán a dos niveles específicos según la zona tratada. Este enfoque metodológico permite obtener resultados que, posteriormente, han servido para generar recomendaciones orientadas a mejorar la seguridad y reducir la exposición a radiación en los procedimientos endodónticos.

Resultados: Los resultados obtenidos indicaron que el rayo con disco de retrodispersión presentó una media de 10.2 μSv , mientras que el rayo sin disco alcanzó 9.8 μSv . El rayo con doble escudo de plomo mostró un promedio de $11.0 \pm 0.9 \mu\text{Sv}$. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tipos de rayo ($p = 0.118$), aunque el rayo sin disco fue el que presentó la menor cantidad de radiación. En cuanto a la posición del operador, se encontraron diferencias significativas en la radiación según la ubicación ($p < 0.001$), pero no se hallaron diferencias significativas entre los tipos de rayo y la posición del operador ($p = 0.093$).

Conclusión: No se encontraron diferencias significativas en los niveles de radiación entre los tres tipos de rayos X evaluados ($p = 0.118$). Sin embargo, sí hubo diferencias significativas según la posición del operador, especialmente en los sectores posteriores ($p < 0.001$). Aunque el rayo sin disco de retrodispersión presentó menor radiación promedio, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. La exposición acumulada por procedimiento fue baja, siendo los equipos seguros, aunque es importante usar chaleco de plomo para reducir la exposición. Finalmente, no se rechazó la hipótesis nula, ya que no hubo suficiente evidencia para aceptar la hipótesis de investigación.

Palabras claves: Radiación ionizante directa, radiación ionizante indirecta, dosímetros de lectura directa (DLDs), disco de retrodispersión, nivel de exposición, endodoncia, rayos X portátil, sensor digital.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to measure the amount of direct and indirect ionizing radiation when using portable X-rays during endodontic treatment and to evaluate the effectiveness of the backscatter disk.

Methodology: This study evaluated the levels of exposure to ionizing radiation in endodontics by comparing various configurations of X-ray equipment. To achieve this, a data collection instrument specifically designed for this work was used, complemented by relevant literature on radiology, endodontics, and safety protocols. In the course of the investigation, eight endodontic simulations were conducted for each X-ray configuration, evaluating the use of devices with and without retro-dispersion discs, as well as with double lead shields. Additionally, the exposure configurations were adjusted to two specific levels according to the treated area. This methodological approach provided results that were later used to generate recommendations aimed at improving safety and reducing radiation exposure in endodontic procedures.

Results: The results indicated that the X-ray with retro-dispersion disc had an average of 10.2 μSv , while the X-ray without the disc had 9.8 μSv . The X-ray with double lead shield showed an average of $11.0 \pm 0.9 \mu\text{Sv}$. No statistically significant differences were found between the X-ray types ($p = 0.118$), although the X-ray without the disc presented the lowest radiation. Regarding the operator's position, significant radiation differences were observed based on location ($p < 0.001$), but no significant differences were found between X-ray types and operator position ($p = 0.093$).

Conclusion: no significant differences were found in radiation levels between the three evaluated X-ray types ($p = 0.118$). However, significant differences were observed based on the operator's position, particularly in the posterior sectors ($p < 0.001$). Although the X-ray without retro-dispersion disc showed lower average radiation, this difference was not statistically significant. The cumulative exposure per procedure was low, indicating the devices are safe, although it is important to use lead aprons to reduce exposure. Finally, the null hypothesis was not rejected, as there was insufficient evidence to accept the research hypothesis.

Keywords: Direct ionizing radiation, indirect ionizing radiation, direct reading dosimeters (DLDs), backscatter disk, exposure level, endodontics, portable X-ray, digital sensor.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	17
4.1.1 RADIACIÓN.....	17
4.1.2 TIPOS DE RADIACIÓN	18
4.1.3 RAYOS X.....	19
4.1.4 PROPIEDADES DE LOS RAYOS X.....	20
4.1.5 DOSIMETRÍA	21
4.1.6 UNIDADES DE MEDICIÓN	21
4.1.7 DOSÍMETROS DE LECTURA DIRECTA (DLDs).....	23
4.1.8 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE	23
4.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	28
4.2.1 RADIACIÓN IONIZANTE & DIAGNÓSTICO DENTAL.....	28
4.2.2 LÍMITE DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN IONIZANTE EN ODONTOLOGÍA.....	28

4.2.3 RAYOS X DENTAL TRADICIONAL VS. RAYOS X PORTÁTIL ACTUAL ..	29
4.2.4 USO DEL DISCO DE RETRODISPERSIÓN EN EL RAYOS X PORTÁTIL	30
4.2.5 DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE DIRECTA	31
4.2.6 DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE INDIRECTA.....	34
4.2.7 DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE EN ENDODONCIA.....	36
4.2.8 MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA EL OPERADOR AL UTILIZAR EL EQUIPO DE RAYOS X PORTÁTIL.....	36
5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	39
6. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	39
6.1 DISEÑO DE ESTUDIO	39
6.2 TIPO DE ESTUDIO.....	40
6.3 MÉTODO DE ESTUDIO	41
6.4 FUENTES	42
6.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	43
6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN / ANULACIÓN	43
6.6 POBLACIÓN	44
6.7 MUESTRA	44
6.8 VARIABLES	44
6.9 PROCEDIMIENTO.....	44
6.10 MEDICIÓN DE MUESTRA.....	47
6.11 FUENTES DE INFORMACIÓN	47

6.12 TRATAMIENTO DE LOS DATOS	47
7. RESULTADOS	48
Tabla 1. Descriptiva de radiación ionizante	48
Tabla 2. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador.....	50
Gráfico 1. interacción entre rayos X y posición del operador.....	51
Tabla 3a. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector 	52
Gráfico 2. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector. (Rayo con disco de retrodispersión).	53
Tabla 3b. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector	54
Gráfico 3. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector. (Rayo sin disco de retrodispersión).	55
Tabla 3c. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector 	56
Gráfico 4. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector. (Rayo con doble escudo de plomo).	57
8. DISCUSIÓN	58
9. CONCLUSIÓN	63
10. RECOMENDACIONES	64
11. PROSPECTIVA	65
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

13. ANEXOS	74
Figura 7. Con disco retrodispersor. (<i>Dexcowin DX3000</i>). Sector superior-anterior (centrales).....	74
Figura 8. Sin disco retrodispersor. (<i>Dexcowin DX3000</i>). Sector superior-anterior (centrales).....	74
Figura 9. Con doble escudo de plomo. (<i>Woodpecker Smart Ray</i>). Sector superior-anterior (centrales).....	75
Figura 10. Con disco retrodispersor. (<i>Dexcowin DX3000</i>). Sector superior-posterior (1er molar).	75
Figura 11. Con doble escudo de plomo. (<i>Woodpecker Smart Ray</i>). Sector superior-posterior (1er molar).	76
Figura 12. Con disco retrodispersor. (<i>Dexcowin DX3000</i>). Sector inferior-posterior (1er molar)	76
Figura 13. Con doble escudo de plomo. (<i>Woodpecker Smart Ray</i>). Sector inferior-posterior (1er molar).	77
Tabla 4: Registro de Dosis por Dosímetro - Sector Superior (Mediciones individuales de radiación ionizante según configuración de rayos X).....	78
Tabla 5: Registro de Dosis por Dosímetro - Sector Inferior (Mediciones individuales de radiación ionizante según configuración de rayos X).....	79

1. INTRODUCCIÓN

La radiación consiste en la emisión, propagación y transferencia de energía de algún medio a otro, en forma de ondas o partículas del campo electromagnético. En el ser humano, esta energía en forma de ondas se absorbe durante toda la vida, y es de tipo acumulativo.

Las fuentes de radiación se dividen principalmente en las de tipo no ionizante y las ionizantes. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), las primeras son radiaciones compuestas por cuantos de luz sin energía suficiente para romper los enlaces moleculares. Algunos ejemplos de la radiación no ionizante incluyen a las ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos, luz visible, electricidad e inclusive una pequeña parte de los rayos ultravioleta. Por otro lado, las segundas desprenden ondas electromagnéticas que transportan tanta energía por cuanto de luz, que son capaces de romper los enlaces entre las moléculas. Este tipo de radiación involucra a los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos, los rayos cósmicos y los rayos X. [4]

El uso de radiación ionizante a través de rayos X juega un papel esencial en el diagnóstico y planificación de tratamientos dentales. Los avances tecnológicos de los equipos de rayos X han contribuido al mayor uso de este tipo de radiación en la práctica odontológica. Aunque las dosis individuales y los riesgos asociados a la radiología dental sean considerados bajos, la dosis colectiva puede ser significativa dado el elevado número de exámenes realizados. [17]

En las últimas dos décadas, los equipos de rayos X portátiles (EP) han reemplazado a los equipos fijos. Sin embargo, esta tecnología ha generado preocupaciones sobre la protección al operador y su cercanía con el equipo. Por esta razón, su uso debe darse bajo indicaciones específicas y tomando en consideración las medidas de seguridad que disminuyan el riesgo del operador que trabaja con radiaciones ionizantes. Dentro de estas, se recomienda el uso del disco de retrodispersión como barrera de protección al operador. ^[13]

Cabe destacar que, en el área de Endodoncia en particular, las radiografías son necesarias antes, durante y después de un tratamiento de conductos, y luego en forma periódica para evaluar el éxito o el fracaso de la terapia. Es decir, se requiere de una exposición repetida a dosis de radiación. ^[18]

Por lo tanto, el propósito de esta investigación consiste en medir la cantidad de radiaciones ionizantes directas e indirectas al utilizar el rayo X portátil, durante un tratamiento endodóntico, y evaluar la eficacia del disco de retrodispersión.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Endodoncia es una de las ramas de la Odontología, enfocada en el estudio de la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias coronal y radicular, que contienen la pulpa dental, así como las afecciones del complejo dentino-pulpar y de la región periapical. Dicha especialidad, demanda el uso rutinario de radiografías para el diagnóstico y planificación del tratamiento endodóntico adecuado.^[1] Esto trae consigo que, tanto los residentes de la Maestría en Endodoncia como los especialistas en esta área, realizan múltiples radiografías con el rayo X portátil para el diagnóstico, planificación del tratamiento, y el paso a paso que conlleva realizar un tratamiento del sistema de conductos radiculares, lo que resulta en una exposición constante a un tipo de energía radiactiva denominada radiación ionizante.

La radiación ionizante, emitida durante los procedimientos radiográficos en la práctica endodóntica, puede producir una serie de daños adversos en los tejidos humanos. Esto puede apreciarse en diversos estudios los cuales han demostrado los daños nocivos causados por la exposición excesiva a dicha radiación, tales como cánceres, afecciones cutáneas, pérdida de pelo, entre otros. Pudiéndose observar dichas manifestaciones en el corto o largo plazo, dependiendo de la intensidad y duración de la exposición. ^[2]

Cabe destacar que, el Programa de Protección contra la radiación de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ha establecido pautas y regulaciones con la finalidad de proteger a las personas y al medio ambiente de los riesgos asociados a la radiación. Según la EPA, la exposición a dosis de radiación de 50-100 milisieverts (mSv) por año, generalmente, no suele producir efectos adversos que perjudiquen la salud. No obstante, es importante tener en cuenta que tanto los

endodoncistas como los residentes de esta especialidad, realizan múltiples tomas radiográficas al día, varias veces a la semana, a lo largo de sus carreras profesionales. [3]

Por consiguiente, se han implementado diversas barreras de protección con el objetivo de reducir la cantidad de radiaciones ionizantes a las que se expone el especialista en esta área, tales como el uso del disco de retrodispersión colocado en el rayos X portátil, para evitar que la radiación sea dispersada, guantes de protección, y el uso de chalecos de plomo para la protección tanto del operador como del paciente. A pesar de que cada toma radiográfica individual, puede implicar una dosis relativamente baja de radiación. La acumulación de exposición a largo plazo puede ser significativa y traer consigo los diversos efectos nocivos mencionados anteriormente. Además, la falta del uso de barreras de protección adecuadas podría aumentar aún más este riesgo para los endodoncistas y residentes en formación. [4]

Otro factor a tomar en cuenta es que, generalmente las instituciones académicas desarrollan un espacio para la práctica odontológica, en la cual se aprecia un conjunto de sillones dentales ubicados a 2.5 metros de distancia, provocando que no solo el operador que se encuentra realizando las radiografías reciba una radiación ionizante directa, sino que los demás residentes y docentes reciban radiaciones ionizantes indirectas de cada toma radiográfica. Dicho esto, surge la incógnita sobre la cantidad de radiación ionizante a la que estaríamos expuestos con el uso del rayo X portátil, desde un protocolo de emisión directo (al operador) y un protocolo de emisión indirecto (residente ubicado al frente y de al lado), y si el uso del disco de retrodispersión influye o no significativamente a disminuir esa cantidad de radiación dispersada.

En función a los enfoques ya mencionados, para determinar la cantidad de radiación ionizante a la que se exponen los residentes de la Maestría de Endodoncia, de manera directa e indirecta, con o sin disco de retrodispersión en el rayo X portátil, se presentan las siguiente cuestionantes:

- ¿Cuál es la cantidad de radiación ionizante directa a la que están expuestos los operadores clínicos al realizar una endodoncia convencional de un diente tanto en el sector anterior como posterior, con y sin disco de retrodispersión?
- ¿Cuál es la cantidad de radiación ionizante indirecta a la que están expuestos los operadores clínicos al realizar una endodoncia convencional de un diente tanto en el sector anterior como posterior, con y sin disco de retrodispersión?
- ¿Es el uso del disco de retrodispersión útil para proteger a los operadores clínicos de la radiación ionizante?
- ¿Cuál es la media de radiación ionizante directa e indirecta a la que están expuestos los operadores clínicos en una endodoncia convencional de un diente tanto en el sector anterior como posterior, con y sin disco de retrodispersión?

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

- Medir la cantidad de radiaciones ionizantes directas e indirectas al utilizar el rayo X portátil, durante un tratamiento endodóntico, y evaluar la eficacia del disco de retrodispersión.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los niveles de exposición a radiación ionizante entre las tres configuraciones de equipos de rayos X portátiles (con disco de retrodispersión, sin disco de retrodispersión y con doble escudo de plomo).
- Analizar la relación entre la posición del operador durante la toma radiográfica (operador principal, lateral o en frente del equipo) y los niveles de radiación registrados, para determinar si dicha ubicación influye significativamente en la exposición.
- Evaluar si el sector anatómico donde se realiza la radiografía (anterior o posterior), en combinación con la posición del operador y las tres configuraciones de equipos de rayos X portátiles (con disco de retrodispersión, sin disco y con doble escudo de plomo), influye significativamente en los niveles de exposición a la radiación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

4.1.1 RADIACIÓN

La radiación es la transmisión de energía a través del espacio y la materia. Puede presentarse en dos formas: particulada (liberando partículas α o β o rayos γ , este proceso se denomina radiactividad) y la radiación electromagnética es el movimiento

de energía a través del espacio como una combinación de campos eléctricos y magnéticos. Se genera cuando se altera la velocidad de una partícula cargada eléctricamente. [9,10]

4.1.2 TIPOS DE RADIACIÓN

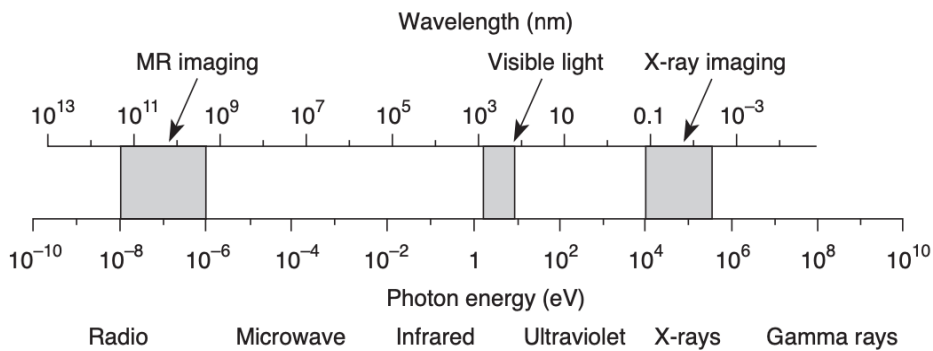


FIG. 1-4 Electromagnetic spectrum showing the relationship among wavelength, photon energy, and physical properties of various portions of the spectrum. Photons with shorter wavelengths have higher energy. Photons used in dental radiography have a wavelength of 0.1 to 0.001 nanometers.

Figura 1. Espectro electromagnético.

Fuente: White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 6th ed. St. Louis, MO: Mosby Elsevier; 2009.

Los tipos de radiación en el espectro electromagnético pueden ser ionizantes o no ionizantes, dependiendo de su energía.

Radiaciones no ionizantes: incluyen los rayos ultravioletas (UV), infrarrojos y microondas. En las células se ha considerado la posibilidad de que puedan generar descomposición de calor, pero aún se desconoce si pueden generar efectos microscópicos.

Radiaciones ionizantes: el término ionizante hace alusión a una interacción entre la radiación y la materia. Las radiaciones ionizantes incluyen los rayos X, gamma, alfa y beta. Estos tipos de radiaciones son capaces de crear daño de tipo significativo o no en células humanas. En nuestro organismo, la acción ionizante se evidencia en rupturas cromosomas, donde los cambios pueden incluir las consecuentes deleciones o translocaciones anormales, estos efectos se pueden apreciar durante la división celular lo que provoca su desarrollo anormal o muerte. La acción de los

rayos X sobre las células sexuales puede generar alteraciones en la transmisión de los caracteres hereditarios conocidas como mutaciones. [7]

4.1.3 RAYOS X

Los rayos X y su capacidad para penetrar en los tejidos humanos fueron descubiertos por Roentgen en 1895. Los llamó rayos X porque su naturaleza era desconocida para aquel entonces. [5,10] Según Whaites, Eric (2002); Los rayos X se describen como paquetes de ondas de energía. Cada paquete se denomina fotón y equivale a un quantum de energía. El haz de rayos X, tal como se utiliza en radiología diagnóstica, está formado por millones de fotones individuales. [5] Por otro lado, Iannucci, J. M., & Howerton, L. J. (2016); describe el rayo X como un haz de energía que tiene el poder de penetrar sustancias y grabar imágenes en película fotográfica o en sensores digitales.[10] Así también, Bushberg (2011); define los rayos X como radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde unos 10 nm hasta 0,01 nm.

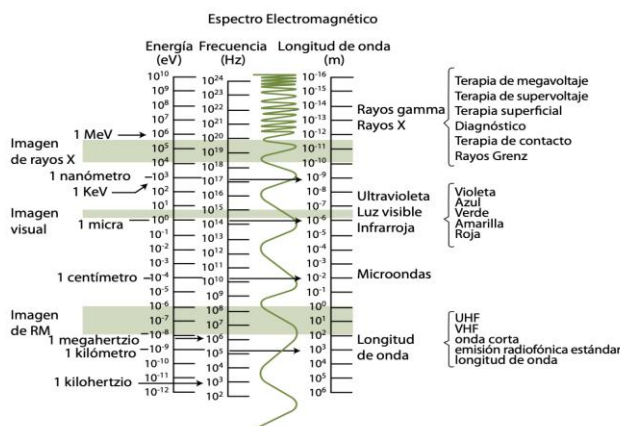


Figura 2. Los rayos X dentro del espectro electromagnético.

Figura 2. Los rayos X dentro del espectro electromagnético.

Fuente: Mahesh M. The Essential Physics of Medical Imaging, Third Edition. Medical Physics [Internet]. 14 de junio de 2013;40(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28524933/>

Los rayos X de longitud de onda corta poseen más energía y pueden, por tanto, penetrar mayor distancia. En cambio, los rayos X de longitud de onda larga, a veces denominados rayos X blandos, poseen menos energía y tienen menor poder de penetración.

Los rayos X se producen cuando electrones energéticos (de alta velocidad) bombardean un anticátodo y pasan a estar básicamente en reposo. Este fenómeno sucede dentro de una pequeña envoltura de vidrio vacío llamada tubo de rayos X.

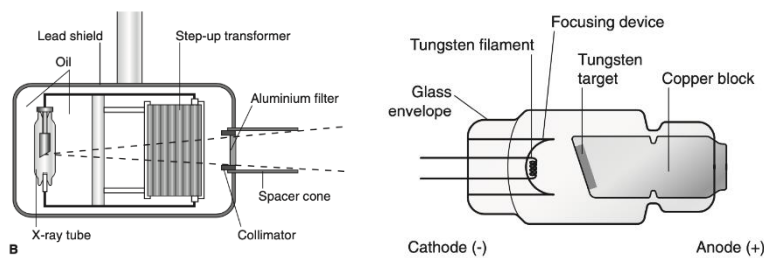


Figura 3. Esquema de un tubo de Rayos X.

Fuente: Whaites, Eric. Essentials of dental radiography and radiology. 5th ed. Scotland. Edinburgh, New York: Churchill Livingstone; 2002.

4.1.4 PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

1. Poder de penetración: penetran y atraviesan la materia.
2. Atenuación: al atravesar la materia son absorbidos y dispersados.
3. Efecto fotográfico: impresionan películas radiográficas. La imagen que se forma es debida a la radiación que logra atravesar el organismo, por lo que la radiografía viene a ser el negativo del organismo. Cuando pasan totalmente los rayos X (negro), cuando no pasan rayos X (blanco), cuando pasan parcialmente (grises).

4. Efecto luminiscente: producen fluorescencia en algunas sustancias.
(Fluoroscopia) Efecto biológico: ocasionan un efecto biológico. Nocivo en radiodiagnóstico, beneficioso en radioterapia.
5. Efecto ionizante: ionizan los gases del aire. ionización, pérdida de un electrón en el átomo que recibe los rayos X. [12]

4.1.5 DOSIMETRÍA

La determinación de la cantidad de exposición a la radiación o dosis se denomina dosimetría. El término dosis se utiliza para describir la cantidad de energía absorbida por unidad de masa en un sitio de interés. La exposición es una medida de la radiación basada en su capacidad para producir ionización en el aire en condiciones estándar de temperatura y presión (STP). [9]

4.1.6 UNIDADES DE MEDICIÓN

TABLE 1-3
Summary of Radiation Quantities and Units

QUANTITY	SI UNIT	TRADITIONAL UNIT	CONVERSION
Exposure	Coulomb/kilogram (C/kg)	Roentgen (R)	1 C/kg = 3876 R
Absorbed dose	Gray (Gy)	rad	1 Gy = 100 rad
Equivalent dose	Sievert (Sv)	rem	1 Sv = 100 rem
Effective dose	Sievert (Sv)	—	—
Radioactivity	Becquerel (Bq)	Curie (Ci)	1 Bq = 2.7×10^{-11} Ci

Data from The NIST Reference on Constants, Units, and Uncertainty: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/units.html>.

En los últimos años se ha producido un movimiento para utilizar una versión modernizada del sistema métrico denominada sistema SI (Sistema Internacional de Unidades).

Figura 4. Resumen de cantidades y unidades de radiación.

Fuente: White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 6th ed. St. Louis, MO: Mosby Elsevier; 2009.

Algunas de las unidades más utilizadas para medir cantidades de radiación son:

La exposición: es una medida de la cantidad de radiación, la capacidad de la radiación para ionizar el aire. La unidad de exposición del SI es el kerma en aire, un acrónimo

de energía cinética liberada en la materia. Ha reemplazado al roentgen (R), la unidad tradicional de exposición a la radiación medida en el aire.

La dosis absorbida: es una medida de la energía absorbida por cualquier tipo de radiación ionizante por unidad de masa de cualquier tipo de materia. La unidad del SI es el Gy, donde 1 Gy equivale a 1 julio/kg. La unidad tradicional de dosis absorbida es el rad (dosis de radiación absorbida), donde 1 rad equivale a 100 ergios por gramo (g) de absorbente. La unidad Gy, reemplazó al rad (dosis de radiación absorbida).

La dosis equivalente (HT): se utiliza para comparar los efectos biológicos de diferentes tipos de radiación en un tejido u órgano. Las radiaciones particuladas tienen una LET (transferencia de energía lineal alta) y son más dañinas para los tejidos que las radiaciones con LET baja, como los rayos X. Por ejemplo, la deposición de 1 Gy de protones de alta energía causa cinco veces más daño que 1 Gy de fotones de rayos X.

La dosis efectiva (E): se utiliza para estimar el riesgo en humanos. Para exposiciones a una parte del cuerpo, por ejemplo, las mandíbulas, la dosis efectiva mide la dosis equivalente en todo el cuerpo. Esto permite comparar el riesgo de exposición a una región del cuerpo con el riesgo de exposición a otra región. Además de considerar la efectividad biológica relativa de diferentes tipos de radiación, también considera la radiosensibilidad de diferentes tejidos para la formación de cáncer o efecto hereditario. Las radiosensibilidades comparativas de diferentes tejidos se miden por el WT. Los factores de ponderación de tejido incluyen médula ósea roja, mama, colon, pulmón y estómago, todos 0,12; gónadas 0,08; vejiga, esófago, hígado y tiroides, todos 0,04; superficie ósea, cerebro, glándulas salivales y piel, todos 0,01; y otros

tejidos específicos que suman 0,12. Por lo tanto, E es la suma de los productos de la dosis equivalente a cada órgano o tejido (HT) y el factor de ponderación tisular (WT):

$E = \sum WT \times HT$ La unidad de dosis efectiva es el Sv.

La medida de la radiactividad (A): describe la velocidad de desintegración de una muestra de material radiactivo. La unidad del SI es el becquerel (Bq); 1 Bq equivale a 1 desintegración/segundo. La unidad tradicional es el curie (Ci), que corresponde a la actividad de 1 g de radio ($3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones/segundo).^[9]

4.1.7 DOSÍMETROS DE LECTURA DIRECTA (DLDs)

Los dosímetros de lectura directa (DLD) o dosímetros personales, permiten ver la dosis de radiación directamente en el dispositivo y son los más comunes entre el personal que trabaja en áreas con radiación.

Estos se colocan en una parte específica del cuerpo para medir la dosis de radiación a la que esa área está expuesta lo cual lo convierte en una herramienta bastante útil para monitorear la radiación recibida. Por lo que estos únicamente van a indicar la dosis de radiación a la que se ha encontrado, asignando un equivalente en los tejidos y órganos de las personas. Estos dispositivos son prácticos y ayudan a evaluar la dosis, de este modo si son dosis grandes se hace una revisión para verificar si el dosímetro fue colocado correctamente y los campos radiactivos reales a los que se ha expuesto la persona.^[19,20,21]

4.1.8 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

El efecto nocivo de niveles bajos de radiación en la salud humana ha sido extensamente estudiado.

Dependiendo de muchos parámetros complejos, cuando la radiación ionizante transfiere energía a un sistema biológico, provocará uno o más resultados finales. La incidencia general y/o la severidad del resultado final estarán relacionadas con la dosis absorbida por el sistema. Para organismos complejos como el humano, hay dos tipos de efectos relacionados con la dosis: somáticos y genéticos.

El daño somático se refiere al daño ocurrido en los tejidos del individuo irradiado, mientras que el daño genético se refiere al daño que afectará las generaciones futuras.

a) Efectos somáticos: se pueden clasificar en dos tipos: efectos de relativa certeza (efectos determinísticos) y los que ocurren al azar o estocásticos (efectos no determinísticos).

- Los efectos determinísticos involucran altas dosis sobre porciones grandes del cuerpo. Estos se pueden categorizar en efectos tempranos y tardíos. Los efectos tempranos ocurren dentro del primer año de la exposición y están relacionados con el número de células muertas, la reparación del daño producido y la tasa de recambio de la línea celular irradiada. Los efectos tardíos ocurren luego del año de recibida la dosis, están relacionados con el daño inicial producido por la dosis y el deterioro debido a los mecanismos de reparación.

- Los efectos no determinísticos ocurren a niveles bajos de exposición a la radiación, en cuyo caso el daño será estocástico o estadístico en naturaleza: es posible predecir la proporción de una población dada de personas expuestas que será afectada, pero imposible predecir precisamente qué individuo en particular sucumbirá. No existe una dosis umbral demostrable y el daño se presenta como un pequeño incremento en la incidencia normal o espontánea y se expresa luego de un largo período de latencia.

b) Efectos genéticos: Describen las alteraciones genotípicas hereditarias resultantes de mutaciones en los genes o cromosomas de células germinales.

-Efectos relevantes en medicina nuclear (los efectos estocásticos):

Ocurren cuando la célula es modificada por daño a su ADN pero permanece viable, en tanto que el daño puede eventualmente ser expresado a través de la proliferación celular. Dos efectos estocásticos de preocupación son el cáncer, luego de un período de latencia de varios años (2-10 para leucemia, 10-40 para tumores sólidos) y las enfermedades hereditarias severas.

El riesgo de cáncer (más que las enfermedades hereditarias severas) es la preocupación principal de los sistemas de protección radiológica para el staff y los pacientes.

-Efectos de la radiación a nivel celular. La radiosensibilidad del tejido depende de varios factores. De acuerdo con los primeros radiobiólogos, la respuesta del tejido a la radiación es función de:

- El número de células indiferenciadas en el tejido.
- El número de células mitóticas activas.
- La cantidad de tiempo que las células permanecen activas en proliferación.

No está claro por qué la falta de diferenciación celular resulta en radiosensibilidad. Ha sido demostrado que las células indiferenciadas o en proceso de diferenciación son fácilmente destruidas por la radiación. Cuanto más tiempo las células permanecen en proliferación activa, mayor es la sensibilidad a la radiación.

-Efectos de las radiaciones en los sistemas biológicos. Las células indiferenciadas, con rápida división son las más sensibles a los efectos de la radiación.

a) Sistema hematopoyético: las células del sistema hematopoyético y el sistema linfático relacionado son altamente sensibles a la muerte por radiación. Las más sensibles son las células madre o precursoras ("stem cells") de la médula ósea, las que normalmente dan lugar a todas las células sanguíneas circulantes y plaquetas, así como el tejido linfático encontrado en el bazo, hígado, ganglios linfáticos y timo.

b) Sistema reproductor: las células del sistema reproductor son altamente sensibles a los efectos de la radiación.

- En el hombre, las células precursoras y la espermatogonia proliferativa en los testículos son altamente sensibles; sin embargo, el esperma maduro muestra una resistencia considerable.

- En la mujer, la radiación destruye a ambos, el óvulo y el folículo maduro, lo cual también reduce la producción hormonal. Por lo tanto la esterilidad radiogénica puede ir acompañada de una menopausia artificial con efecto significativo sobre las características sexuales. La dosis total, la tasa de dosis y la edad son importantes; las mujeres jóvenes son más capaces de recuperar la fertilidad que las mayores.

c) Sistema gastrointestinal (GI): el tracto GI es muy sensible a las radiaciones. Luego de una irradiación, el primer cambio observado ocurre en el revestimiento epitelial del intestino delgado. Los efectos del daño intestinal incluyen diarrea con la consiguiente pérdida de fluidos y electrolitos. Los efectos sobre el tracto GI superior incluyen vómitos y disminución de la secreción ácido-péptica. La destrucción del recubrimiento

epitelial de la faringe y el esófago resulta en sequedad y dolor e inflamación de garganta.

d) Piel: la piel es relativamente radiosensible. El efecto radiobiológico dependerá de la dosis total, la tasa de dosis y el tipo de radiación. Los efectos biológicos sobre la piel incluyen eritema y depilación temporal.

e) Sistema nervioso central: generalmente es resistente al efecto de las radiaciones. Se requieren de dosis muy altas para causar efectos en el cerebro y el sistema nervioso.

f) Cristalino: con dosis bajas puede ocurrir daño significativo al cristalino produciendo cataratas (opacificación definitiva del cristalino). El período de latencia es de 2 a 35 años.

g) Otros órganos: la mayoría de las vísceras sólidas muestran en general una radioresistencia relativa. En general, las estructuras más sensibles de estos órganos son el tejido conectivo y el vascular, aunque se puede causar daño funcional con dosis altas.

h) Feto: efectos sobre el feto se han visto con dosis relativamente bajas. El feto constituye un sistema altamente proliferativo con muchas células indiferenciadas, por lo tanto es extremadamente sensible a los efectos de la radiación. El efecto no solamente depende de la dosis sino también de la edad gestacional al momento de la irradiación. Durante el primer trimestre el daño es mayor y a menudo causa aborto espontáneo. Durante el desarrollo y diferenciación de los órganos, la irradiación resultará en una mayor incidencia de anomalías orgánicas congénitas. ^[11]

4.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

4.2.1 RADIACIÓN IONIZANTE & DIAGNÓSTICO DENTAL

Los exámenes radiográficos son una herramienta que aporta información al odontólogo, y que junto con el examen clínico, ayudan a un correcto diagnóstico y tratamiento del paciente. En odontología, tanto en los exámenes radiográficos convencionales bidimensionales (2D) como en los tridimensionales (3D) como la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), se expone al paciente a rayos X, y esta exposición puede producir efectos dañinos. [6]

Esto incluye bajas exposiciones a radiación con análisis más precisos e imágenes nítidas, conversiones de imagen en caso necesario, y mediciones con software digital integrado a la imagen radiográfica digital. Sin embargo, en casos específicos, algunos pacientes requieren de un número alto de exposiciones o estudios radiográficos a frecuencias más altas. Desafortunadamente, en estos casos el factor riesgo puede incrementarse, lo que a su vez puede involucrar efectos adversos sobre los tejidos expuestos. [4]

4.2.2 LÍMITE DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN IONIZANTE EN ODONTOLOGÍA

Ceceña y colaboradores llevaron a cabo una investigación titulada "Exposición a radiación ionizante en una clínica universitaria de endodoncia". Concluyeron que, al sumar las dosis recibidas durante tres meses, la dosis total anual acumulada entre los 10 sujetos osciló entre 0.66 mSv, la más baja, y 1.42 mSv, la más alta. [18]

La Comisión Nacional de Energía Dominicana (CNE) indica en su documento que el límite de dosis para el personal expuesto profesionalmente es de 20 mSv por año, considerando un periodo de 12 meses consecutivos. [22]

4.2.3 RAYOS X DENTAL TRADICIONAL VS. RAYOS X PORTÁTIL ACTUAL

Los equipos de rayos X para exámenes intraorales tradicionalmente se han instalado en el consultorio dental de manera fija en una pared, pero posteriormente, se desarrollaron los equipos móviles. Estos equipos no se encuentran adosados a una pared o sobre una base móvil, sino que pueden desplazarse con el operador. Los equipos portátiles, al igual que los equipos fijos de pared y los móviles, usan rayos X. Los rayos X son un tipo de radiación ionizante, por lo que la exposición a ellos podría producir efectos dañinos en la salud de las personas.

Si bien todos los equipos conllevan el riesgo inherente al uso de radiación ionizante, debe hacerse la diferencia entre los equipos fijos y móviles con los EP. Debido a que en los EP el operador tiene una mayor cercanía con el equipo para realizar la toma, aumenta su exposición a radiación ionizante, teniendo un mayor riesgo que al operar equipos convencionales. ^[13]

En definición, los equipos radiográficos portátiles (rayos x portátil) son equipos generadores de rayos x que se utilizan en odontología para la toma de radiografías intraorales.

Están diseñados para usarse de manera fija, sobre una base o trípode y con un disparador remoto. Pero, debido a la característica de poder acoplarse y desacoplarse de su base, estos equipos pueden usarse sin estar acoplados a una base. Es decir, el operador puede estabilizarlos al sujetarlos con ambas manos.

En estos casos, la exposición se realiza mientras el equipo es sostenido por el operador, ya que el equipo cuenta con un disparador en el mismo equipo. ^[13]

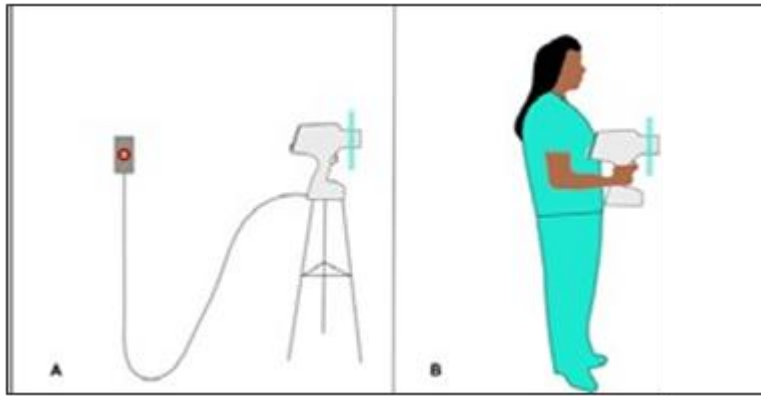


Figura 5. Estabilización de un equipo de rayos X portátil. A, con base o trípode y disparador remoto. B, manualmente por el operador.

Fuente: Barba-Ramírez Lucía, Cascante-Sequeira Deivi. Actualización en equipos de Rayos X portátiles en odontología: revisión de literatura. *Odovtos* [Internet]. 2022 Aug [cited 2024 Apr 02]; 24(2): 26-33.

4.2.4 USO DEL DISCO DE RETRODISPERSIÓN EN EL RAYOS X PORTÁTIL

De acuerdo con Barba-Ramírez. (2022); Los equipos portátiles deben poseer blindaje interno suficiente, de manera de minimizar la exposición al paciente, y blindaje externo para proteger al operador de la radiación secundaria. El blindaje externo se conoce como disco de retrodispersión, y es un disco de acrílico plomado, que puede ser fijo o removible. Con el uso del disco de retrodispersión se ha encontrado una disminución en dosis en manos de hasta 32%, y una disminución de hasta 37% a nivel de pecho y cintura del operador. Sin embargo, la forma y el tamaño de esta zona de seguridad varían dependiendo de la altura del operador, la longitud de los brazos (distancia del dispositivo al operador) y la angulación del equipo. ^[13]

En cambio, Cho JY, Han WJ. (2012); en su estudio, demostró que la dosis de radiación del operador se redujo un 32% (dientes posteriores) y 23% (dientes anteriores) a la altura de la mano, 0,1% a la altura del pecho y 37% a la altura de la cintura, cuando

se tomó una radiografía periapical inferior utilizando el equipo de rayos X portátil con el disco de retrodispersión colocado en el extremo del cono. Por otro lado, cuando se tomó una radiografía periapical inferior anterior y posterior utilizando el equipo de rayos X portátil, el cono largo (cono de 14 cm de longitud) redujo la dosis de radiación del operador a la altura de la mano al 48% y 52% respectivamente. ^[14]

También, Otaka Y, (2023). En su investigación, tuvo como objetivo estudiar el efecto de reducción de dosis en la exposición ocupacional de los operadores y la exposición pública distinta a los operadores cuando se utilizan un protector de retrodispersión y un colimador rectangular junto con una unidad de rayos X intraorales portátil. En donde los resultados indican que, la exposición ocupacional se redujo al 40% cuando el protector de retrodispersión se adjuntó a la punta del cono, al 13% cuando se adjuntó el colimador rectangular y al 7,7% cuando el protector de retrodispersión y el colimador rectangular se utilizaron juntos. Por otro lado, la exposición pública se redujo al 20% cuando se adjuntó el colimador rectangular, pero el protector de retrodispersión no fue eficaz para reducir la exposición pública. La colocación de un protector de retrodispersión es eficaz para reducir la exposición ocupacional, y una apertura rectangular es eficaz para reducir la exposición ocupacional, así como la exposición pública.^[16]

4.2.5 DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE DIRECTA

De acuerdo con Ceceña A. et al (2015) en su estudio “Exposición a radiación ionizante en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS”, comprobó que la cantidad de radiografías tomadas en tres meses de evaluación es de 1,847. El informe de dosimetría expresa que la dosis recibida por mes fueron 0.17 mSv para el mes más bajo, y 0.44 mSv para el mes donde se realizaron más radiografías.

La suma de las dosis recibidas (dosis total anual acumulada) en los tres meses determina que la dosis más baja de los 10 sujetos fue de 0.66 mSv y la más alta fue de 1.42 mSv. [18]

No obstante, Franco Y. (2020) "Dosimetría de Radiación en Profesionales Odontólogos de la Práctica Clínica y Especialistas en Endodoncia de la ciudad de coronel oviedo 2019". Demuestra que el nivel de radiación en los profesionales odontólogos de la práctica clínica y del especialista en el área de endodoncia obtuvo como resultado un total de radiación de 0,24mSv para 27%(6) especialistas y 0,21 mSv para 27% (6) en profesionales de la práctica clínica general. [23]

Según Garza Mendoza et al. (2018) en su estudio "Efectos secundarios a la exposición de rayos X", explican que una radiografía dental periapical representa una exposición de 0.008 mSv. Así, 100 radiografías dentales suman 0.08 mSv, y 1000 radiografías alcanzan 8.0 mSv. Debido a que un tratamiento endodóntico, requiere de un mínimo de 5 radiografías periapicales, el total de exposición del operador es aproximadamente 0.04 mSv, por cada 5 radiografías. [24]

Por otro lado, Moreno et al. en un estudio realizado en 2023, demostraron que los participantes que usaron equipo de protección tuvieron una exposición anual de entre 0.119 mSv y 0.0455 mSv. Asociaron esta variación a las características físicas de los endodoncistas, indicando que, a mayor índice de masa corporal, mayor es la dosis de radiación recibida. Por otro lado, los que no utilizaron equipo de protección registraron una exposición anual de 0.3753 μ Sv. [25]

En cuanto a Makdissi J, (2016). en su investigación sobre los efectos de la posición del dispositivo en la dosis de radiación del operador cuando utiliza un dispositivo de rayos X portátil. Tuvo como objetivo investigar el nivel de dosis del operador al utilizar un dispositivo de rayos X portátil en varias posiciones. Se investigaron tres escenarios de prueba; Posición 1, cerca del cuerpo de los operadores y paralelo al suelo; Posición 2, lejos del cuerpo con los brazos completamente extendidos (aproximadamente 40 cm de distancia) y paralelos al suelo; Posición 3, perpendicular al suelo mientras los brazos están parcialmente extendidos. Se realizaron 30 exposiciones de 1 s cada una en cada prueba. Resultados: La radiación de fondo medida fue de 0,0110 mGy. La exposición más alta después de restar la radiación de fondo se registró en la palma de la mano izquierda (0,0310 mGy) en la posición 3. La dosis estimada para el operador se calculó en función de una carga de trabajo promedio de 100 radiografías intraorales semanales para un odontólogo que trabaja 46 semanas al año. ^[26]

Sin embargo, Martins GC, (2023). En su estudio titulado; aparato de rayos X dental portátil: atención al uso correcto. Resalta que incluso si la dosis equivalente en las regiones de la cabeza y las extremidades del operador del dispositivo portátil no excede los 0,6 mSv/año y 20 mSv/año respectivamente, que están dentro de los límites considerados aceptables por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), es necesario considerar la teoría lineal sin umbral (LNT). La teoría LNT postula una relación lineal entre la dosis y el riesgo de inducir efectos estocásticos, incluso a dosis bajas, lo que implica que no hay un límite de dosis seguro. A pesar de que las intensidades de dosis caen dentro del rango bajo, hay varias razones para aplicar la teoría LNT. En primer lugar, se requiere una política para establecer límites de exposición para individuos en el rango de dosis baja, incluidos aquellos sometidos a procedimientos de diagnóstico por imágenes y

exposición ocupacional. En segundo lugar, la evidencia epidemiológica actual no confirma ni descarta la existencia de una dosis segura en radiología oral. Por lo tanto, la teoría de la LNT, que es científicamente plausible, debería considerarse incluso en el caso de dosis bajas de radiación. La mayoría de las organizaciones de protección radiológica coinciden en que es prudente suponer que el riesgo es proporcional a la dosis, incluso en el caso de exposición diagnóstica. [27]

4.2.6 DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE INDIRECTA

De acuerdo con Cárdenas et al. Realizaron un estudio en Colombia con el objetivo de medir la radiación dispersa en áreas cercanas al usar equipos portátiles de radiología dental. Utilizaron un medidor de radiación tipo Geiger en dos posiciones: cerca del operador y a dos metros de distancia del equipo. Los resultados mostraron niveles bajos de radiación en ambas situaciones: 0.11 mSv/hora cerca del operador y 0.013 mSv/hora a dos metros. Concluyeron que estos niveles están por debajo del límite anual permitido. [28]

Así mismo, René A, Cruz R, Aldo F. (2020); realizó un estudio sobre; Estimación de la Radiación Ionizante Emitida por los Aparatos de Rayos X Periapicales. Revista Científica de la Universidad Salvadoreña. “*Alberto Masferrer*”. Donde se estimó la cantidad de radiación ionizante anualmente en el ambiente alrededor de los aparatos de rayos X ubicados en el área clínica de endodoncia, área clínica de diagnóstico, laboratorio de pre-clínica, y en el área clínica de la especialidad de la Facultad de Cirugía Dental de la USAM, utilizando dosímetros de fondo. Los resultados muestran que los empleados de la Universidad, los estudiantes y pacientes no corren peligro pues la cantidad de radiación ionizante captada afuera de los cuartos donde están colocados los equipos de rayos X es insignificante (menos de 2 mSv), debido a las

medidas de protección radiológicas con que cuentan las instalaciones de la clínica académica de la Universidad. [29]

En cuanto a Abdinian M, (2024). En su investigación con el tema de; Comparación de la dosis para el operador y la dosis circundante al utilizar dispositivos portátiles de rayos X intraorales. Este estudio tuvo como objetivo investigar la dosis de radiación dispersa utilizando tres unidades radiográficas dentales portátiles: iRay D3, EZRay Air y Epix. La dosis absorbida se midió a distancias de 0,5 y 1 m, cada 15° en el plano horizontal, utilizando una cámara de ionización. El número máximo de radiografías por día utilizando las unidades portátiles se calculó considerando un límite de dosis de 50 mSv/año y 20 mSv/año. Las exposiciones a la salida de rayos X detectadas por la cámara de ionización fueron 1,808 mGy, 3,597 mGy y 8,931 mGy para las unidades radiográficas portátiles iRay D3, EZRay Air y Epix, respectivamente. Las dosis fueron más altas en la unidad Epix en comparación con los otros dos dispositivos. La exposición anterior fue generalmente más alta que la exposición lateral o posterior. Con un límite de dosis de 50 mSv/año, considerando una distancia de 0,5 m entre el operador y la unidad de rayos X, se permiten un máximo de 961, 565 y 38 radiografías diarias utilizando iRay D3, EZRay Air y Epix, respectivamente. Teniendo en cuenta un límite de dosis de 20 mSv/año, con una distancia de 0,5 m entre el operador y el dispositivo radiográfico, se permite un máximo de 384, 226 y 15 radiografías diarias utilizando las unidades portátiles iRay D3, EZRay Air y Epix, respectivamente. Es muy poco probable que un operador alcance los límites de dosis ocupacionales al utilizar iRay D3 y EZRay Air. El dispositivo radiográfico Epix permite menos radiografías diarias y se debe evitar su uso diario. [30]

4.2.7 DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE EN ENDODONCIA

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética que interactúa con los átomos de la materia, y cuando esto ocurre, puede provocar un fenómeno llamado ionización, es decir, la liberación de electrones de los átomos. Aunque los rayos X tienen un poder de ionización más bajo que otras radiaciones, su gran capacidad de penetración los hace efectivos para ver a través de los tejidos, lo que resulta útil en campos como la medicina y la odontología. ^[31]

En el caso de la Endodoncia, también conocido como tratamiento de conductos, la radiografía es una herramienta fundamental para diagnosticar problemas en el interior de los dientes, como infecciones o fracturas en las raíces. Sin embargo, es importante recordar que los rayos X utilizados en estos procedimientos son radiaciones ionizantes, lo que significa que tienen la capacidad de alterar las estructuras atómicas y moleculares de los tejidos expuestos, incluso en dosis pequeñas. Aunque la exposición en la endodoncia es controlada y generalmente limitada a áreas específicas, siempre existe el riesgo de acumulación de radiación si no se toman las precauciones adecuadas. Es por esto que, en el contexto de la endodoncia, se debe prestar especial atención a factores como el tiempo de exposición, la potencia del equipo y la distancia de la radiografía. A través del uso de técnicas y dispositivos adecuados, como los protectores radiológicos, se busca minimizar la cantidad de radiación que recibe tanto el paciente como el personal. ^[18]

4.2.8 MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA EL OPERADOR AL UTILIZAR EL EQUIPO DE RAYOS X PORTÁTIL

El operador del EP (Equipo de Rayos X portátil) tiene un mayor riesgo por una mayor exposición a la radiación, debido a la cercanía con el equipo, al sostenerlo con sus

manos mientras realiza la exposición. Esto le imposibilita cumplir el principio de limitación de dosis, al no cumplir con alejarse una distancia mínima del equipo de rayos X. Esta distancia, establecida por directrices internacionales, entre el equipo de rayos X y el operador, debe ser de al menos 1.8 metros, para disminuir la exposición a radiación ionizante, y por lo tanto el riesgo de presentar efectos estocásticos. [13]



Figura 3 Influencia del ángulo de estabilización del equipo portátil de rayos X: A. Uso correcto del disco de retrodispersión A. con el cilindro localizador paralelo al piso; B. uso incorrecto del disco de retrodispersión con el cilindro apuntando hacia el piso; C. uso incorrecto del disco de retrodispersión con el cilindro apuntando hacia el techo.

Figura 6. Influencia del ángulo de estabilización del equipo portátil de rayos X.

Fuente: Barba-Ramírez Lucía, Cascante-Sequeira Deivi. Actualización en equipos de Rayos X portátiles en odontología: revisión de literatura. Odovtos [Internet]. 2022 Aug [cited 2024 Apr 02]; 24(2): 26-33.

Debido a la imposibilidad de alejarse del equipo la distancia reglamentada, se recomienda el uso del disco de retrodispersión como barrera de protección al operador. El disco de retrodispersión genera una zona de seguridad para que el operador pueda protegerse de la radiación dispersa. El disco de retrodispersión debe tener un espesor mínimo de 0,25 mm (equivalente de plomo) y 15,2 cm de diámetro. En algunos casos este dispositivo está fijo en el equipo, pero en los casos en que sea adaptable, debe poder colocarse a no más de 1 cm del extremo del dispositivo indicador de posición, para que la radiación de retrodispersión esté suficientemente bloqueada.

Con el uso del disco de retrodispersión se ha encontrado una disminución en dosis en manos de hasta 32%, y una disminución de hasta 37% a nivel de pecho y cintura del operador. Sin embargo, la forma y el tamaño de esta zona de seguridad varían dependiendo de la altura del operador, la longitud de los brazos (distancia del dispositivo al operador) y la angulación del equipo. ^[13]

Para lograr la mayor protección con el disco de retrodispersión es necesaria una colocación específica del equipo, siguiendo las recomendaciones internacionales y del fabricante, y manteniendo el equipo lejos del cuerpo con una angulación horizontal de cero grados. Aún en posición horizontal, un estudio observó que la mayor exposición es recibida por las manos. Es por esto, que se recomienda el uso de guantes plomados, ya que su uso puede disminuir la dosis en manos hasta en un 31%.

Debido al aumento en el riesgo de mayor radiación al operador diversos autores e instituciones recomiendan que los equipos portátiles solo deben usarse en una base y ser activados desde un área protegida (a distancia o detrás de una barrera) con el fin de reducir la exposición del operador. ^[13]

Por otro lado, Makdissi J y otros (2021); describen que se recomienda encarecidamente el uso de dosímetros personales para garantizar la continuidad de la exposición a dosis bajas de radiación, y que además, se deben implementar orientaciones, capacitación y protocolos de uso, que se deben cumplir estrictamente y se necesitan auditorías periódicas para garantizar el cumplimiento. ^[15]

Las medidas de protección han demostrado ser eficaces para reducir la dosis de radiación que recibe el operador, mejorando así la protección contra la radiación secundaria durante los exámenes radiográficos realizados con dispositivos portátiles

de rayos X dentales. Estas medidas incluyen 1) operar el dispositivo portátil con los brazos completamente extendidos para mantener la distancia del cuerpo, 2) usar un escudo de retrodispersión en el cilindro, 3) emplear un cilindro más largo, 4) usar delantales protectores, 5) usar guantes de plomo y 6) utilizar un colimador rectangular. Estas precauciones son particularmente cruciales cuando el operador está muy cerca tanto de la fuente de radiación como del paciente. Además, los miembros del personal y el público deben mantener una distancia de 2 metros tanto del paciente como de la fuente de radiación, y evitar pararse en el camino del haz central de rayos X. [27]

5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Existe diferencia significativa en la cantidad de radiaciones directas e indirectas emitidas por el rayo x portátil con doble escudo de plomo y el rayo X portátil con y sin disco de retrodispersión.

6. ASPECTOS METODOLÓGICOS

6.1 DISEÑO DE ESTUDIO

El método de investigación utilizado en este trabajo es el cuasi-experimental, en donde el sujeto no se selecciona de forma aleatoria, sino que se encuentra o establece previamente. La metodología de este tipo de investigación se caracteriza por ser descriptiva, la cual consiste en observar el comportamiento de los individuos y de las diferentes variables sociales y registrar datos cualitativos y cuantitativos. [32]

La logística de diseño de estudio cuasi-experimental consistió en:

a) Posicionamiento de equipos: Se utilizará un posicionador (trípode de cámara fotográfica) para sujetar el dispositivo de rayos X en las siguientes condiciones:

- Rayos X portátil Runyes con disco de retrodispersión.
- Rayos X portátil Runyes sin disco de retrodispersión.
- Rayos X portatil Woodpecker con doble escudo de plomo.

b) Configuración del entorno:

- El paciente simulado será un maniquí colocado en el sillón dental.
- Para medir la cantidad de radiación ionizante directa, el DLD (Dosímetro de Lectura Directa) se colocará en la zona correspondiente al operador sentado con el maniquí en posición reclinada.
- Para medir la cantidad de radiación ionizante indirecta, se colocará un DLD que estará en el espacio correspondiente al operador de frente y otro DLD ubicado en el espacio correspondiente al operador de al lado.

6.2 TIPO DE ESTUDIO

El estudio es de tipo exploratorio, ya que se manipulan deliberadamente la variable independiente (uso del disco de retrodispersión) para observar y medir su efecto sobre la variable dependiente (nivel de exposición a radiaciones ionizantes). Además, el estudio es de carácter comparativo, dado que se analizan y comparan los niveles de radiación en dos grupos diferentes (con y sin disco de retrodispersión).^[33]

Además, es un estudio descriptivo permitiendo expresar detalladamente los niveles de radiación ionizante directa e indirecta durante los procedimientos de Endodoncia.

[34]

Del mismo modo, se aplica el método de observación directa, ya que se registrará la información de las mediciones de radiación observadas en el dosímetro para cada uno de los protocolos de radiación ionizante a utilizar.^[35]

6.3 MÉTODO DE ESTUDIO

En el presente estudio se aplicaron diversas técnicas analíticas, entre las que se destacan el método deductivo, el método estadístico, y el método de análisis y síntesis, con el objetivo de garantizar una evaluación cuantitativa y rigurosa de los datos obtenidos.

El método deductivo se emplea para derivar conclusiones específicas a partir de principios generales previamente establecidos, permitiendo la formulación de inferencias lógicas basadas en leyes o teorías relacionadas con la exposición a radiaciones ionizantes.^[36]

El método estadístico se utiliza como herramienta para representar de manera simplificada los procesos complejos involucrados, facilitando así el análisis cuantitativo de todas las variables registradas en el estudio.^[37]

El método de análisis consiste en la observación detallada de los fenómenos estudiados, con el propósito de identificar las causas que originan los distintos niveles de radiación detectados durante el uso de rayos X portátil.^[38]

Por último, el método de síntesis es empleado para integrar los resultados obtenidos, buscando demostrar que las causas identificadas efectivamente originan los fenómenos analizados, y permitiendo además explicar otros fenómenos relacionados.^[39]

Adicionalmente, se obtuvo una observación directa de los niveles de radiación en condiciones reales de operación clínica, enfocándose tanto en las mediciones de la radiación directa como en las de la radiación residual, a fin de obtener resultados representativos y aplicables a la práctica endodóntica.

Se examinaron cada uno de los datos detenidamente para identificar patrones y su relación con las diversas variables del estudio. Dichas informaciones fueron procesadas en el programa informático SPSS 25.0, el cual permite obtener estadísticas mediante un sistema de 35 módulos que facilita la simplificación de los valores porcentuales en esta investigación, con la finalidad de evaluar como el disco de retrodispersión impacta en la exposición a las radiaciones.

Este enfoque nos permitió medir con precisión cómo diferentes protocolos de emisión de rayos X afectan la exposición a radiaciones ionizantes y desarrollar recomendaciones basadas en evidencia para mejorar la seguridad en los tratamientos endodónticos.

6.4 FUENTES

En el presente trabajo de investigación, se emplean dos tipos de fuentes para garantizar una evaluación completa y rigurosa del tema. Como fuente primaria, se ha desarrollado un instrumento de recolección de mediciones elaborado específicamente para el presente estudio, para la recolección de datos. Este permite una evaluación sistemática y objetiva de los niveles de exposición a radiaciones ionizantes en endodoncia, ajustada a las necesidades particulares de la investigación. Para las fuentes secundarias, estas incluyen literatura enfocada en Radiología, Endodoncia y protocolos de seguridad en la aplicación de rayos X.

Cabe destacar que, la combinación de un instrumento de recolección de mediciones y la literatura relevante asegurará una base sólida para el análisis y la interpretación de los datos, contribuyendo a la validez y robustez de los hallazgos del estudio.

6.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

1. Radiación directa emitida durante la realización de una toma radiográfica.
2. Radiación indirecta emitida durante la realización de una toma radiográfica a una distancia de 1.8 metros (sillones laterales) y 2 metros (sillón frente al operador)
3. Radiografías realizadas en el dentoformo como parte del diagnóstico, y procedimientos endodónticos convencionales (un promedio de 8 radiografías), en el sector anterosuperior, anteroinferior, y molares superiores e inferiores.
4. Radiaciones emitidas con una dosis de 0.25 en el sector anterosuperior e inferior, y 0.40 en molares superiores e inferiores.
5. Radiografías tomadas con el rayo X portátil con disco de retrodispersión, sin disco de retrodispersión y protección doble escudo de plomo bajo los criterios anteriormente mencionados.

6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN / ANULACIÓN

1. Sillones dentales que se encuentren a una distancia mayor de 2.5 metros.
2. Zona de los premolares superiores e inferiores.
3. Exposiciones a radiaciones ionizantes provenientes de otros tipos de fuentes, como los rayos X fijos o los equipos de diagnóstico de tomografía computarizada, ya que el estudio se enfoca en el uso de rayos X portátiles.

6.6 POBLACIÓN

Simulaciones de procedimientos endodónticos utilizando maniqués y dentoformos dentales.

6.7 MUESTRA

Se realizaron un total de 8 simulaciones de endodoncia para cada configuración de rayos X (promedio de 8 radiografías por procedimiento), utilizando tres configuraciones de equipos de rayos X (con disco de retrodispersion, sin disco de retrodispersion y con escudo doble plomo) en la clínica de Postgrado. Dichos dispositivos se programaron en dos niveles de exposición (0.25 para los sectores anterosuperiores y anteroinferiores; 0.40 para molares superiores e inferiores)

6.8 VARIABLES

a) Variable independiente: Tipo de dispositivo de rayos X y accesorios de protección.

Se evaluarán tres configuraciones:

- Rayos X portátil Runyes con disco de retrodispersión.
- Rayos X portátil Runyes sin disco de retrodispersión.
- Rayos X con doble escudo de plomo.

b) Variable dependiente: Niveles de radiación ionizante (directa e indirecta) medidos en microsievverts (μSv) mediante los dosímetros de lectura directa (DLDs).

6.9 PROCEDIMIENTO

a) Preparación: Para garantizar la estabilidad y precisión en la medición de los niveles de radiación, se diseñó y fabricó un soporte especializado para los dispositivos de rayos X portátiles (*Dexcowin DX3000 & Woodpecker Smart Ray*) utilizados en este estudio. Este soporte consistió en una caja de acero inoxidable, cuyas dimensiones

fueron de 6.7 pulgadas de ancho y 6 pulgadas de alto, medidas que se establecieron basándose en las características físicas de los rayos X seleccionados para la investigación.

La caja fue elaborada con un tornillo posterior incorporado, diseñado específicamente para permitir su acoplamiento seguro a un brazo de trípode para cámara fotográfica. Esta adaptación tuvo como objetivo proporcionar una base estable y ajustable, facilitando así la colocación precisa del equipo de rayos X durante el proceso de medición.

Esta preparación previa permitió que todas las mediciones de dosis de radiación, tanto directas como indirectas, se realizarán en condiciones controladas y reproducibles, minimizando errores por variabilidad en la posición del dispositivo.

Una vez instalado el rayo X portátil en el soporte, se procedió a realizar las mediciones siguiendo el protocolo establecido para cada uno de los dispositivos, registrando los datos en una matriz de datos primarios elaborada específicamente para este estudio.

Se colocaron los dosímetros electrónicos personales (FNIRSI GC-01) en las posiciones correspondientes (en el cabezal del sillón del operador para la radiación directa; y en el cabezal del sillón del operador ubicado de frente y de al lado; simulado para la radiación indirecta). Seguido a esto, las investigadoras procedieron a colocarse el chaleco de plomo, y guantes de plomo, para su protección durante el estudio.

b) Simulaciones: Durante el desarrollo del estudio, se realizaron simulaciones de procedimientos endodónticos para evaluar la exposición a la radiación bajo diferentes

condiciones experimentales. Se utilizaron dos configuraciones de exposición: un nivel de 0.25 para piezas dentales anteriores y 0.40 para piezas del sector posterior.

Las simulaciones incluyeron tres modalidades de uso del dispositivo de rayos X portátil:

- Con disco retrodispersor. (*Dexcowin DX3000*)
- Sin disco retrodispersor. (*Dexcowin DX3000*)
- Con doble escudo de plomo. (*Woodpecker Smart Ray*)

Se llevaron a cabo un total de seis simulaciones de procedimientos endodónticos en sector anterosuperior y posterosuperior, así como seis simulaciones de procedimientos endodónticos en sector anteroinferior y posteroinferior, aplicando el dispositivo de rayos X en dichas configuraciones de exposición previamente mencionadas. En cada simulación, se realizaron ocho radiografías, representando el promedio de tomas requeridas en un tratamiento endodóntico típico, utilizando la técnica actual de obturación conocida como "onda continua".

Los datos obtenidos en cada simulación fueron registrados de manera sistemática para su posterior análisis cuantitativo.

Cada vez que se realizó una radiografía, los dosímetros DLD registraron la cantidad de radiación directa e indirecta acumulada, expresada en microsievets (μSv). Se documentaron los valores obtenidos de cada dosímetro para cada configuración evaluada, asegurando un control preciso y sistemático de la exposición en las distintas condiciones experimentales.

6.10 MEDICIÓN DE MUESTRA

a) Dosímetros electrónicos personales de lectura directa (DLDs): Se colocarán en las siguientes posiciones para medir la radiación ionizante:

b) Radiación directa: Dosímetro colocado en la zona correspondiente al cabezal del sillón del operador en la simulación del procedimiento endodóntico.

c) Radiación indirecta: dosímetro colocado en el cabezal del sillón del operador ubicado de frente y del lado, a una distancia previamente establecida.

6.11 FUENTES DE INFORMACIÓN

Primarias: resultados de nuestro estudio.

Secundarias: artículos científicos, tesis, libros.

6.12 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Una vez obtenidos los datos, estos fueron ingresados en el sistema SPSS 25.0 para su análisis. Se procedió a realizar un ANOVA de medidas repetidas con el fin de comparar las diferencias en los niveles de radiación directa e indirecta bajo las diferentes configuraciones de exposición. Los resultados del análisis se plasmaron en un documento en Word, en el cual se detallan los hallazgos y se discuten las implicaciones de los resultados obtenidos.

7. RESULTADOS

En la siguiente tabla (tabla 1) se describen los resultados obtenidos posterior a finalizar la recolección de la información. El rayo con disco de retrodispersión tuvo una media de radiación de 10.2 μSv mientras que sin el disco fue de 9.8 μSv . El rayo portátil con doble escudo de plomo obtuvo un promedio de $11.0 \pm 0.9 \mu\text{Sv}$. Debido a que las variables fueron presentadas cuantitativamente y en función de que las mediciones corresponden a un mismo objeto de estudio, se realizó el análisis estadístico ANOVA de factores múltiples estableciendo un valor de p menor o igual a 0.05. En este caso se obtuvo un valor de 0.118 demostrando la no relación entre las variables, es decir que no hubo diferencias de radiación de acuerdo con el tipo de rayo usado. Sin embargo, es importante resaltar que el rayo sin disco de retrodispersión fue el de menos radiación.

Tabla 1. Descriptiva de radiación ionizante			
Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Rayo con disco de retrodispersión	10.2 μSv	0.8	0.118
Rayo sin disco de retrodispersión	9.8 μSv	0.7	
Rayo portátil con doble escudo de plomo	11.0 μSv	0.9	

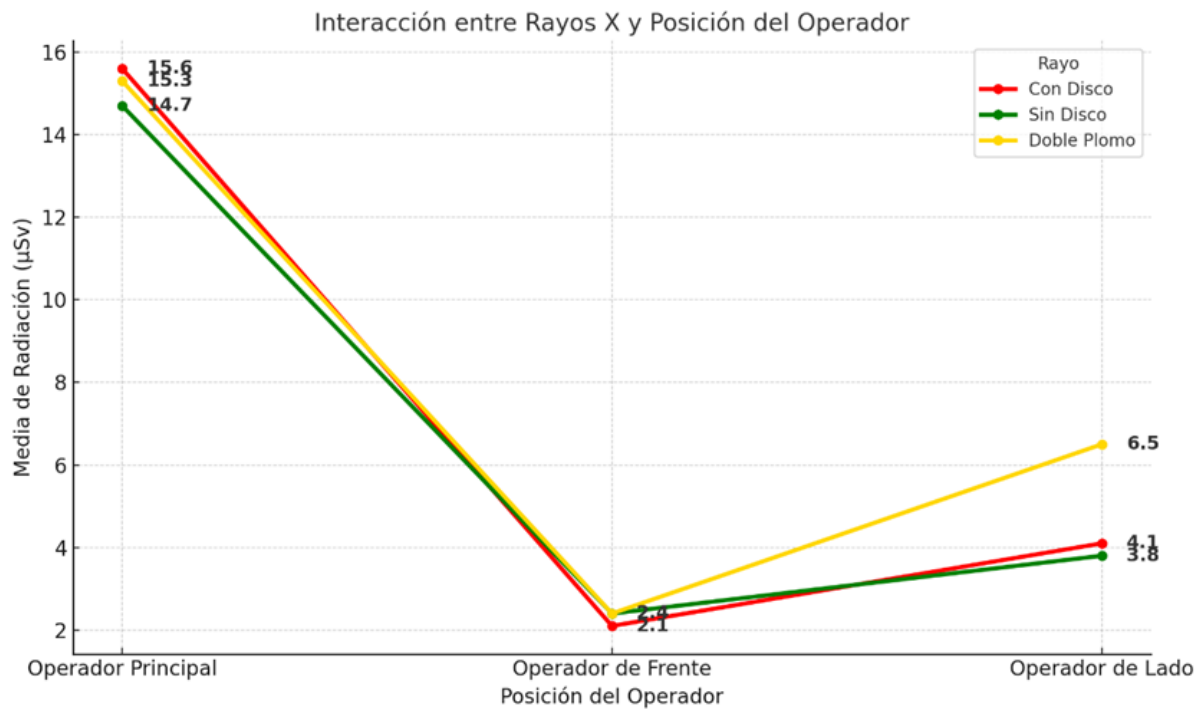
Fuente: Pérez G, Moronta A, Rodríguez S, Thomas M. Estudio comparativo del nivel de exposición de radiaciones ionizantes directas vs. Indirecta en endodoncia

De acuerdo con esta tabla (tabla 2) se puede observar los promedios obtenidos de radiación de acuerdo con la posición del rayo. Para el rayo con disco de retrodispersión, cuando este estaba en la posición del operador, el valor fue de $15.6 \pm 0.4 \mu\text{Sv}$ y de $2.1 \mu\text{Sv}$ cuando estaba al frente del operador y $4.1 \mu\text{Sv}$ al lado. Cuando se removía el disco los valores pasaron a ser de 14.7, 2.4 y $3.8 \mu\text{Sv}$ respectivamente. Por último, el rayo portátil con doble escudo de plomo obtuvo los valores de 15.3, 2.4 y $6.5 \mu\text{Sv}$. Al realizar ANOVA de factores múltiples, se observa que sí hay diferencias significativas de radiación según la posición del operador dentro de cada tipo de rayo (p menor a 0.001) lo cual se debe a la distancia del punto principal irradiado. Sin embargo, al comparar entre los 3 rayos y su interacción con la posición del operador, se encontró un valor de p de 0.093 siendo así mayor a 0.05. Es decir, no hay diferencias entre los resultados de acuerdo con el rayo y la posición en donde se encuentre. A pesar de esto, es importante resaltar que en promedio el rayo sin disco tiene menor cantidad de radiación.

Tabla 2. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador

Variable		Media	DE	Valor de p por rayo	Valor de p entre los 3 rayos
Rayo con disco de retrodispersión	<i>Operador principal</i>	15.6 μSv	0.4	< 0.001	0.093
	<i>Frente al operador</i>	2.1 μSv	0.23		
	<i>Al lado del operador</i>	4.1 μSv	1.03		
Rayo sin disco de retrodispersión	<i>Operador principal</i>	14.7 μSv	0.42	< 0.001	
	<i>Frente al operador</i>	2.4 μSv	0.46		
	<i>Al lado del operador</i>	3.8 μSv	0.43		
Rayo portátil con doble escudo de plomo	<i>Operador principal</i>	15.3 μSv	0.48	< 0.001	
	<i>Frente al operador</i>	2.4 μSv	0.27		
	<i>Al lado del operador</i>	6.5 μSv	0.89		

Gráfico 1. interacción entre rayos X y posición del operador.



Fuente: Pérez G, Moronta A, Rodríguez S, Thomas M. Estudio comparativo del nivel de exposición de radiaciones ionizantes directas vs. Indirecta en endodancia

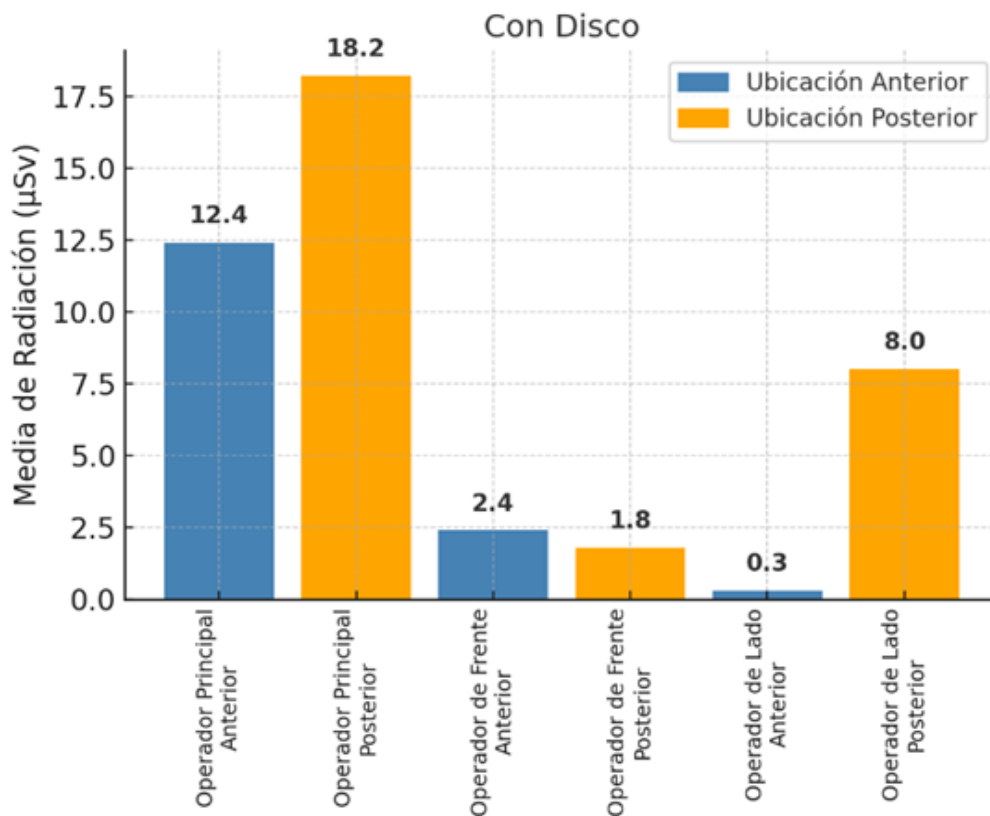
En esta tabla (Tabla 3a) podemos observar los valores obtenidos para la radiación ionizante en función de la posición del operador y el sector irradiado, utilizando el rayo con disco de retrodispersión. Se empleó un ANOVA de medidas repetidas, considerando un nivel de significancia de 0.05. En el caso del operador principal, hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la ubicación anterior (12.4 µSv) y posterior (18.2 µSv), con un valor de p de 0.004 esto debido a la diferencia de radiación que se usa entre ambas posiciones. Asimismo, para la posición al lado del operador, también hubo diferencias significativas entre los sectores anterior (0.3 µSv) y posterior (8.0 µSv), con un valor de p de 0.002. Para la posición frente al operador, la diferencia entre los sectores anterior (2.4 µSv) y posterior (1.8 µSv) no fue significativa (p = 0.290). Finalmente, al comparar los tres rayos en función de estas

variables, se obtuvo un valor de p de 0.106, lo cual indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Tabla 3a. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector

Variable		Sector	Media	DE	Valor de p por rayo	Valor de p entre los 3 rayos
Rayo con disco de retrodispersión	<i>Operador principal</i>	Anterior	12.4 μ Sv	0.14	0.004	0.106
		Posterior	18.2 μ Sv	0.72		
	<i>Frente al operador</i>	Anterior	2.4 μ Sv	0.52	0.290	
		Posterior	1.8 μ Sv	0.15		
	<i>Al lado del operador</i>	Anterior	0.3 μ Sv	0.04	0.002	
		Posterior	8.0 μ Sv	2.03		

Gráfico 2. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector. (Rayo con disco de retrodispersión).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación.

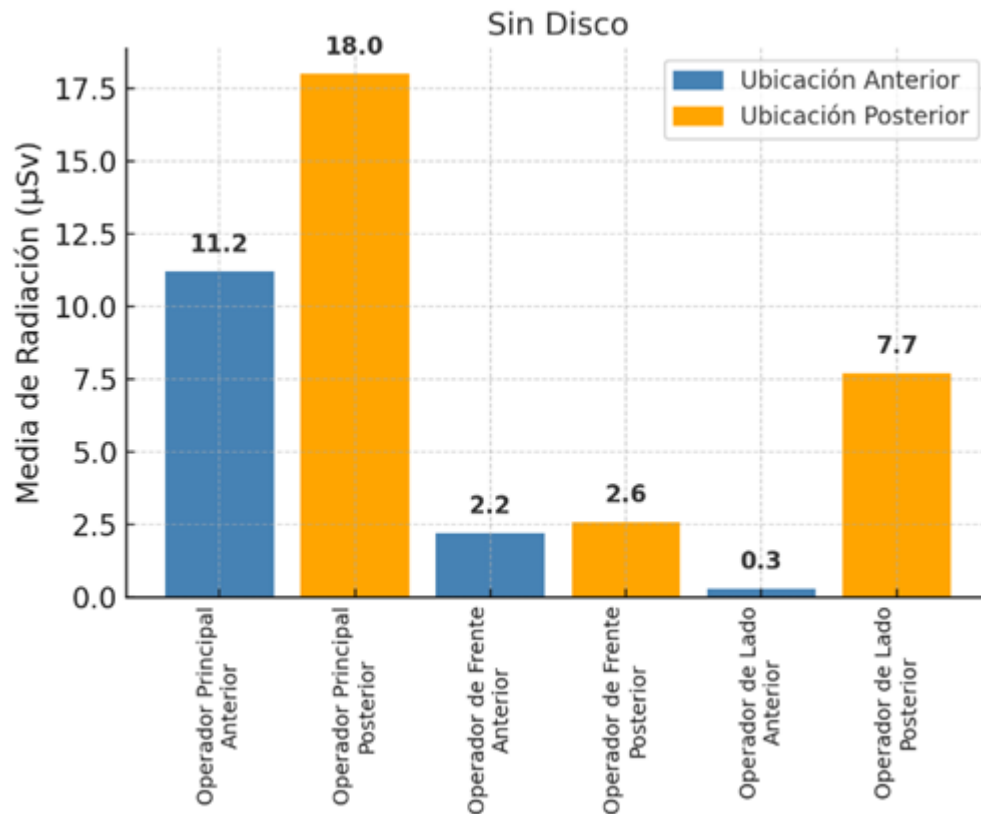
En la siguiente tabla (Tabla 3b) podemos observar los valores obtenidos para la radiación ionizante sin disco de retrodispersión, de acuerdo con la posición del operador y el sector irradiado. Se utilizó ANOVA de medidas repetidas para el análisis estadístico. En el caso del operador principal, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la ubicación anterior (11.2 µSv) y posterior (18.0 µSv), con un valor de p de 0.001. Para la posición frente al operador, la diferencia entre los sectores anterior (2.2 µSv) y posterior (2.6 µSv) no fue significativa (p = 0.159). Sin embargo, al lado del operador, sí se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los sectores anterior (0.3 µSv) y posterior (7.7

μSv), con un valor de p menor a 0.001. Esto concuerda con los valores obtenidos de la tabla anterior.

Tabla 3b. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector

Variable		Sector	Media	DE	Valor de p por rayo	Valor de p entre los 3 rayos
Rayo sin disco de retrodispersión	<i>Operador principal</i>	Anterior	11.2 μSv	0.84	0.001	0.106
		Posterior	18.0 μSv	0.79		
	<i>Frente al operador</i>	Anterior	2.2 μSv	0.52	0.159	
		Posterior	2.6 μSv	0.44		
	<i>Al lado del operador</i>	Anterior	0.3 μSv	0.04	< 0.001	
		Posterior	7.7 μSv	0.88		

Gráfico 3. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector. (Rayo sin disco de retrodispersión).



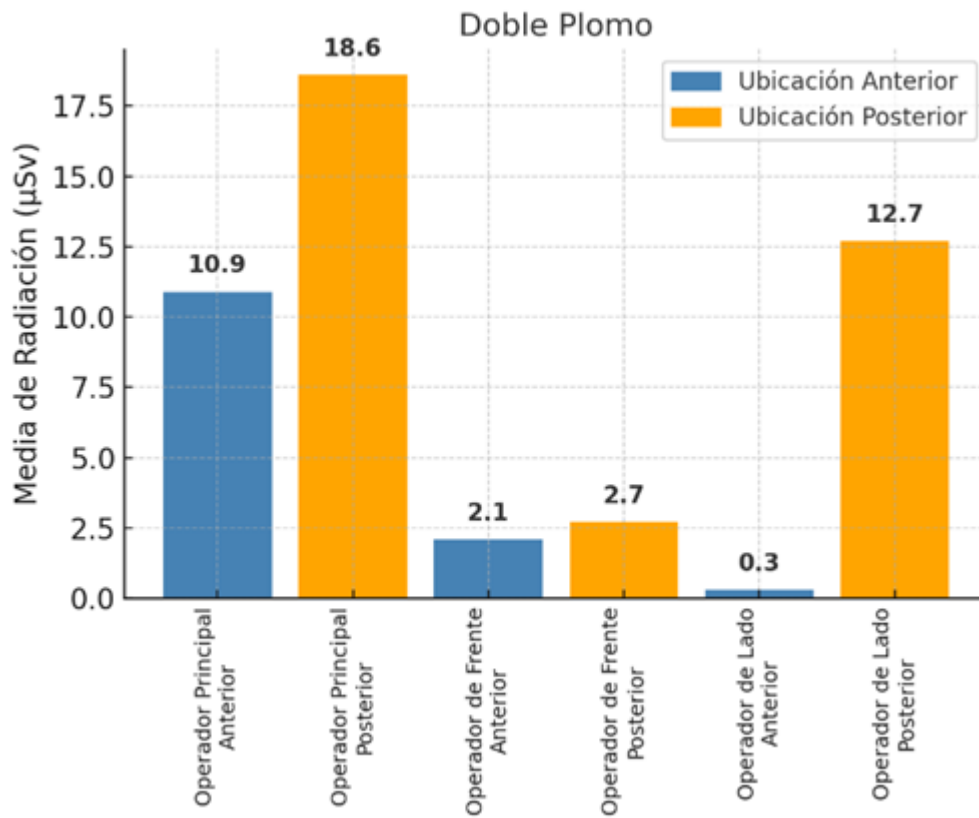
Fuente: Propia de los autores de esta investigación.

En esta tabla (tabla 3c) se describen los valores obtenidos para la radiación ionizante emitida por un rayo portátil con doble escudo de plomo, según la posición del operador y el sector irradiado. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de medidas repetidas con un nivel de significancia de 0.05. Para todas las posiciones del rayo x con doble escudo de plomo, se encontró relación estadísticamente significativa al tener valores igual o menor a 0.001. Para operador principal, se encontró 10.9 μSv en anterior y posterior 18.6 μSv ; en la posición frente al operador: anterior (2.1 μSv) y posterior (2.7 μSv); por último, al lado del operador, los valores fueron 0.3 Sv en anterior y 12.7 en posterior.

Tabla 3c. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector

Variable		Sector	Media	DE	Valor de p por rayo			Valor de p entre los 3 rayos
Rayo portátil con escudo de plomo con doble de	<i>Operador principal</i>	Anterior	10.9 μSv	0.88	0.001			0.16
		Posterior	18.6 μSv	0.55				
	<i>Frente al operador</i>	Anterior	2.1 μSv	0.46	< 0.001			
		Posterior	2.7 μSv	0.37				
	<i>Al lado del operador</i>	Anterior	0.3 μSv	0.04	< 0.001			
		Posterior	12.7 μSv	1.79				

Gráfico 4. Radiación ionizante de acuerdo con la posición del operador y sector. (Rayo con doble escudo de plomo).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación.

8. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar los niveles de radiación ionizante directa e indirecta emitida por tres diferentes rayos X portátiles (con disco de retrodispersión, sin el disco de retrodispersión y uno de doble escudo de plomo) durante procedimientos endodónticos simulados. Para esto, se tomaron un total de 96 mediciones por rayo (8 imágenes anteriores y 8 posteriores por arcada, desde tres posiciones del operador: principal, frontal y lateral). Las mediciones se realizaron utilizando dosímetros de lectura directa. Al tratarse de un mismo sujeto (modelo de simulación) con toma de medidas distintas, se realizó el análisis estadístico ANOVA de medidas repetidas donde no se encontró relación estadísticamente significativa entre los 3 rayos. Por esta razón, se acepta la hipótesis nula de que no hubo diferencias entre los 3 rayos en cuanto a radiación.

Entre los resultados más relevantes se encontró que, en promedio, el rayo sin disco de retrodispersión emitió menor cantidad de radiación (9.8 μSv), seguido del rayo con disco (10.2 μSv), y el de doble escudo de plomo (11.0 μSv). Cuando se analizaron las posiciones, se encontró que el mayor valor de exposición sucedió de manera directa y en el sector posterior con valores de hasta 11.0 μSv en rayos con doble plomo μSv . A pesar de lo anterior, si se encontró diferencias de acuerdo con la posición del rayo cuando se colocaba anterior o posterior. De igual forma, sucedió lo mismo en cuanto a la radiación con respecto al operador (directa o indirecta). Estos resultados se deben a las diferencias de configuración cuando se toma una radiografía anterior o posterior, ya que, la radiación varía y que, a mayor distancia del rayo, menor es la radiación. Por otra parte, esta investigación tuvo fortalezas y debilidades como lo fue el comparar 3 rayos bajo distintas condiciones y configuraciones que otras investigaciones lo

hacían de manera separada siendo novedosos. En contraste, una debilidad fue el uso de maniqués de plástico y dentoformas que, si bien permiten la estandarización del procedimiento, no simulan con precisión la absorción y dispersión de tejidos humanos como se ha realizado en algunas investigaciones.

En el año 2012, Cho y Han (x) realizaron un estudio con el objetivo de investigar métodos para reducir la dosis de radiación recibida por el operador al utilizar equipos portátiles de rayos X. Para ello, utilizaron dos rayos portátiles (DX3000 y Rextar), evaluando las dosis en la mano, pecho y cintura del operador, con y sin escudo de retrodispersión. Los resultados mostraron que el disco de retrodispersión obtuvo mejores resultados de radiación en la mano del operador entre un 23% y 32%, los guantes de plomo entre un 26% y 31%, y el cono largo hasta en un 52%. En nuestro caso, el rayo sin disco fue el que resultó con menos radiación siendo distinto a estos resultados. Estos equipos es importante hacer comparaciones debido a que son de las opciones más comunes que hay en el mercado dominicano y que pueden representar inversiones significativas para el mismo. Es por esta razón que es muy importante tener información certera de que tan bueno o no son estos rayos para usar en la práctica diaria. ^[14]

Por otra parte, en el año 2019, Smith et al. (x) realizaron una evaluación comparativa sobre la radiación dispersa de cinco rayos X portátiles. Utilizaron un maniquí con características equivalente a tejido humano con un total de 63 puntos de medición. Usaron la “kerma en aire” como unidad de dosis en vez de mSv y según sus resultados, estimaron valores máximos de kerma que van desde 2.55 mGy a 5.10 mGy. Comparando con los resultados encontrados aquí esta investigación tuvo metodología similar al usar un maniquí y en tomar 63 mediciones similar a las 96 aquí.

Para poder comparar, el valor máximo de nosotros fue 11.0 μSv en rayos con doble plomo, lo que equivale a 0.011 mSv siendo así mucho más baja que la de Smith et al.(X). La diferencia puede deberse a factores como la ausencia de tejido humano simulado. Es importante resaltar que la dosis anual máximo es de 20 mSv por lo que nuestros valores están muy por debajo de esto y no representan un riesgo significativo, incluso tras múltiples procedimientos clínicos. [40]

En el año 2024, Fuentealba Muñoz et al.(X) llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue evaluar la exposición del operador a radiación retrodispersa al utilizar un equipo de rayos X portátil con diferentes angulaciones. Se usó el Nomad Pro-2 (Kavo Kerr) y se evaluaron tres posiciones: angulación correcta (0°), y dos incorrectas ($+40^\circ$ y -20°), simulando radiografías periapicales de maxilar y mandíbula. Para simular al paciente se emplearon bidones de agua y un fantoma Gammex 464 ACR CT. Los resultados mostraron que, con angulación incorrecta, la dosis aumentaba hasta 3.5 μSv . Nosotros coincidimos en la influencia de factores operativos (como la angulación del rayo o la posición del operador) en los niveles de exposición a radiación. [41]

Otra investigación reciente fue la de Taha et al. (y) en el 2024 quienes como nosotros compararon 3 rayos portátiles. Se realizaron múltiples tomas radiográficas y se registraron las dosis de radiación en milisieverts. Los resultados mostraron que los dispositivos Clarox y Eightieth presentaron valores promedio de 197.6 mSv y 231.4 mSv respectivamente, mientras que el equipo QiN mostró los valores más bajos, con un promedio de 103.6 mSv. Estas cifras fueron significativamente altas debido a que, aunque operan dentro de lo permitido, su uso continuo puede representar un riesgo acumulativo de radiación. Nosotros en cambio tuvimos valores de menor radiación

que cualquiera de los 3 rayos estudiados por ellos siendo así mejores opciones en cuanto a radiación se refiere. [42]

Altındağ et al. publicaron su investigación cuya finalidad fue determinar las dosis de radiación absorbidas por operadores. Se utilizaron tres equipos: NOMAD Pro 2™, Rextar X y Diox 602. La metodología consistió en la colocación de dosímetros termoluminiscentes (TLD-100H) en un maniquí (representando al operador) y en un fantoma maxilofacial (como paciente). Las dosis más altas registradas en el operador fueron en las manos, alcanzando hasta 119.4 μGy (0.1194 mSv) en el caso del equipo Rextar X, sin protección. En contraste, las dosis más bajas se registraron con el uso de protección y sistemas digitales (mínimo de 7.8 μGy). Además, se observó que el uso de protectores integrados en los rayos (como discos y conos largos) lograron reducir las dosis hasta en un 93.25%. Nosotros no encontramos beneficios de agregar el disco de retrodispersión o el uso de doble plomo frente a un rayo convencional. Además, el uso de diferentes tipos de dosímetros (DLD vs. TLD) pudo haber influenciado sus resultados más bajos que los de esta investigación. [43]

En el año 2024, Abdinian et al (X) llevaron a cabo un estudio comparativo para analizar las dosis de radiación absorbida por el operador y el entorno al utilizar tres rayos X dentales portables. La dosis absorbida se expresó en micrograys (μGy). Los resultados mostraron que el rayo marca Epix presentó las dosis más elevadas en todas las posiciones (5.04 μGy en la región posterior), mientras que iRay D3 y EZRay Air mostraron niveles más bajos (0.20 μGy y 0.34 respectivamente). Nosotros al igual que ellos evaluamos 3 rayos, pero encontramos diferencias importantes en especial en la radiación. Encontramos valores promedio de 11.0 μSv en rayos con doble plomo mientras que ellos tuvieron un máximo de 5.04 μGy (que es 0.00504 mSv). Esto es

una diferencia muy importante en valores de radiación siendo nuestros equipos de peores resultados. [44]

A su vez, Zenóbio et al (X) en 2019 publicaron su investigación cuya meta fue de analizar “parámetros de exposición, protección radiológica y dosis absorbida en pacientes y operadores”. Se emplearon detectores Xi UNFORS, dosímetros termoluminiscentes (TLD-100H) y una cámara de ionización de 1800 cc. La radiación secundaria se midió en un simulador del tipo “Alderson RANDO”, y resultados tanto con y sin el protector acrílico del dispositivo. Los resultados obtenidos fueron de que el uso del escudo acrílico bajó la radiación semanal hasta un 0.012 mSv. En comparativa, nosotros no encontramos diferencias relevantes entre usar o no el disco en cuanto a la radiación. [45]

Por último, Makdissi et al. (X) en el 2016 evaluaron cómo la posición del dispositivo portátil impacta la dosis de radiación que recibe el operador. Usaron el rayo X NOMAD Pro® haciendo tres posiciones diferentes del operador: El valor más alto encontrado fue en la mano con 0.0310 mGy anuales, seguido del dedo índice derecho (0.276 mGy) y cintura (0.253 mGy) para las mismas condiciones. Las posiciones más alejadas del cuerpo tuvieron menores radiación. En comparación con nuestros resultados, los observados fueron superiores en cuanto a radiación, sin embargo, si coincidimos que entre más cerca del cuerpo, mayor es la radiación indistintamente del rayo. Esta diferencia puede ser por tipo de equipo usado (rayo) e incluso la simulación de cavidad oral. [46]

9. CONCLUSIÓN

Posterior a finalizar la investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- No hubo diferencias estadísticamente significativas en los niveles de radiación directa e indirecta entre los tres tipos de dispositivos de rayos X portátiles evaluados (con disco de retrodispersión, sin disco, y con doble escudo de plomo), como lo indicó el análisis ANOVA ($p = 0.118$).
- Sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas según la posición del operador con respecto al equipo de rayos X (operador principal, en frente y lateral al operador), y si era del sector posterior, donde hubo mayor dosis de radiación ($p < 0.001$).
- Aunque el dispositivo sin disco de retrodispersión mostró en promedio menor de radiación, esta diferencia no fue estadísticamente significativa en comparación con los otros equipos, por lo que no puede considerarse concluyente.
- La exposición acumulada por procedimiento completo (8 radiografías) puede alcanzar valores de radiación, con una media de hasta de 9.8 a 11.0 μSv que considerando el valor máximo anual (20 mSv de dosis efectivas) se necesitaría más de 220 endodoncias para alcanzar dicho límite lo que significa que estos equipos son seguros. Es por esta razón la importancia de usar chaleco de plomo y demás medidas para reducir la exposición
- Como el valor de p fue 0.118 (mayor que 0.05), no se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que no hay evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de investigación.

10. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos obtenidos en el presente estudio, se proponen las siguientes recomendaciones con el fin de optimizar la seguridad radiológica en entornos clínicos y académicos donde se realicen procedimientos endodónticos:

1. Implementación de barreras físicas plomadas entre unidades odontológicas:
Considerando que la posición del operador y su ubicación respecto al equipo de rayos X influyen significativamente en la dosis de radiación recibida, se recomienda la instalación de divisiones plomadas entre sillones contiguos en clínicas dentales, especialmente en entornos docentes donde se utilizan equipos portátiles con mayor frecuencia. Esta medida puede contribuir a reducir la exposición indirecta, particularmente en operadores laterales o en el sector posterior.
2. Uso obligatorio de equipo de protección personal: Se exhorta a que tanto estudiantes como profesionales utilicen de forma constante y correcta los chalecos plomados y demás elementos de protección radiológica durante la toma de radiografías, independientemente del tipo de equipo utilizado. Aunque los niveles de exposición observados se mantienen dentro de los límites anuales permitidos, estas medidas reduce considerablemente la exposición acumulativa a largo plazo.
3. Formación continua en seguridad radiológica: Se sugiere reforzar la formación teórica y práctica del personal en cuanto a medidas de protección radiológica, normativas vigentes y manejo adecuado de equipos portátiles, promoviendo una cultura de seguridad entre los futuros profesionales de la odontología.

Estas recomendaciones tienen como finalidad fortalecer las prácticas seguras en radiología endodóntica, reducir la exposición innecesaria a radiaciones ionizantes y garantizar un entorno clínico y académico más seguro tanto para los operadores como para los pacientes.

11. PROSPECTIVA

- Evaluar cómo las instituciones pueden mejorar la protección de sus estudiantes, docentes y personal administrativo, para así garantizar el uso seguro de Rayos X portátil a largo plazo.
- Realizar un estudio donde se compare el riesgo de exposición a radiación de un tejido u órgano en específico utilizando el Rayos X portátil.

12. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. Reyes T et al. Evolución del tratamiento endodóntico y factores asociados al fracaso de la terapia. *Medicentro Electrónica* [Internet]. 2016 sep;20(3):202–8. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432016000300006&lng=es
2. Neibling E et al. Investigation of radiation-protection knowledge, attitudes, and practice of North Queensland dentists. *J Investig Clin Dent* [Internet]. 2018 dic. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jicd.12374>
3. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Efectos de la radiación sobre la salud [Internet]. 2019. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-de-la-radiacion-sobre-la-salud>
4. Serrato D et al. Efectos negativos de la radiación ionizante empleada en diagnóstico odontológico. *Investig Cienc* [Internet]. 2018; Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/67455945010/html/index.html>
5. Whaites E. *Essentials of dental radiography and radiology*. 5th ed. Edinburgh, New York: Churchill Livingstone; 2002.
6. Barba Ramírez L., Ruiz García de Chacón V., Hidalgo Rivas A.. El uso de rayos X en odontología y la importancia de la justificación de exámenes radiográficos. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2020; 36(3): 131-142. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852020000300002&lng=es. Epub 05-Dic-2022. <https://dx.doi.org/10.4321/s0213-12852020000300002>.
7. Tirado-Amador Lesbia Rosa, González-Martínez Farith Damián, Sir-Mendoza Francisco Javier. uso controlado de los rayos X en la práctica odontológica. *Rev. Cienc. Salud* [Internet]. 2015 Jan [cited 2025 Apr 29] ; 13(1): 99-112.

Available from:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-

[72732015000100009&lng=en. https://doi.org/10.12804/revsalud13.01.2015.08.](https://doi.org/10.12804/revsalud13.01.2015.08)

8. Mahesh M. The Essential Physics of Medical Imaging, Third Edition. Medical Physics [Internet]. 14 de junio de 2013;40(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28524933/>
9. White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 6th ed. St. Louis, MO: Mosby Elsevier; 2009.
10. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía Dental: Principios y Técnicas. 5ª ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2016.
11. Núñez M. Efectos biológicos de las radiaciones - Dosimetría. Montevideo, Uruguay: Escuela Universitaria de Tecnología Médica, 2008. Disponible en: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-autonoma-de-santo-domingo/proteccion-radiologia-ii/efectos-biologicos-de-las-radiaciones/22753054>
12. Universidad de San Carlos de Guatemala. Propiedades de los Rayos X [Internet]. 2023 Disponible en: <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/derecho-penal/propiedades-de-los-rayos-x/70888189>
13. Barba-Ramírez Lucía, Cascante-Sequeira Deivi. Actualización en equipos de Rayos X portátiles en odontología: revisión de literatura. Odovtos [Internet]. 2022; 24(2): 26-33. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34112022000200026&lng=en. http://dx.doi.org/10.15517/ijds.2021.45846.](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34112022000200026&lng=en)
14. Cho JY, Han WJ. The reduction methods of operator's radiation dose for portable dental X-ray machines. Restor Dent Endod. 2012 ago;37(3):160–4. doi:

10.5395/rde.2012.37.3.160. PMID: 23429415. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569401/>

15. Makdissi J et al. The effects of device position on the operator's radiation dose when using a handheld portable X-ray device. Dentomaxillofacial Radiology [Internet]. 2016; 45(3):20150245. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26764582/>

16. Otaka Y, et al. Stray radiation dose reduction using a backscatter shield and a rectangular collimator for a handheld intraoral X-ray unit. Radiation Protection Dosimetry [Internet]. 31 de agosto de 2023;199(19):2349-55. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37652749/>

17. Wilches-Visbal JH, Castillo Pedraza MC, Jamil Khoury H. Protección Radiológica en Radiología Dental. CES Odontol [Internet]. 2021 jun;34(1):52–67. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-971X2021000100052&lng=en. doi: 10.21615/cesodon.34.1.6

18. Ceceña A. Exposición a radiación ionizante en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS [tesis doctoral]. Culiacán de Rosales, Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Odontología; 2015. Disponible en: https://odontologia.uas.edu.mx/posgradoendodoncia/PDF/gen1113/CECENA_BONIFANT_ALEJANDRO.pdf

19. León-Madrid MI, Aquino MS, Vallejo MA, Diaz-Torres LA. Síntesis y Caracterización dosimétrica de Sr4Al14O25: Ce+2 para aplicaciones biomédicas [Internet]. 2015. Disponible en: <https://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/111>

20. Ubeda CC, Nocetti D, Inzulza A, Oyarzún C, Alarcón R. Magnitudes y unidades para dosimetría del personal ocupacionalmente expuesto en radiodiagnóstico e intervencionismo. Rev Chil Radiol [Internet]. 2018;24:5–11. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082018000100005
21. Gómez Casal M, Salinas Granell MB. Gestión de la dosis operacional y de los dosímetros en la Cadena Sanitaria en Operaciones. Sanid Mil [Internet]. 2018; 74(1):24–5. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712018000100024. doi: 10.4321/s1887-85712018000100005
22. Comisión Nacional de Energía. Material general para exámenes de industria [Internet]. 2024 [citado 2025 abr 29]. Disponible en: <https://www.cne.gob.do/wp-content/uploads/2024/03/MATERIAL-GENERAL-PARA-EXEMENES-DE-INDUSTRIA.pdf>
23. Franco Y. Dosimetría de radiación en profesionales odontólogos de la práctica clínica y especialistas en endodoncia de la ciudad de Coronel Oviedo 2019 [tesis de grado]. Caaguazú, Paraguay: Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad de Odontología Santo Tomás de Aquino; 2020. Disponible en: <https://odontounca.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/FRANCO-PRIETO-YERMMY-LUCIANO.pdf>
24. De la Garza Mendoza FD, Martínez FL, Lozano AS, Ponce PNO. Efectos secundarios a la exposición de rayos X. Rev Mex Estomatol [Internet]. 2018; Disponible en: <https://www.remexesto.com/index.php/remexesto/article/view/226/422>

25. Moreno Munera M, Castillo Arenas E, Arguello Ramírez P. Dosis de radiación absorbida por endodoncistas con el uso de rayos X portátil y su efecto en la glándula tiroides. Bogotá (Colombia): Universidad Santo Tomás; 2023.
26. Makdissi J, Pawar RR, Johnson B, Chong BS. The effects of device position on the operator's radiation dose when using a handheld portable X-ray device. *Dentomaxillofacial Radiology* [Internet]. 2016;45(3):20150245. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26764582/>
27. Martins GC, Rocha TG, De Lima Azeredo T, De Castro Domingos A, Visconti MA, Villoria EM. Hand-held dental X-ray device: Attention to correct use. *Imaging Science In Dentistry* [Internet]. 2023;53(3):265. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10548154/>
28. Cárdenas C, Díaz A, Reyes M. Cuantificación de radiación dispersa en ambientes contiguos durante el uso de equipos portátiles de radiología intraoral [trabajo de grado en Internet]. Bogotá (Colombia): Universidad Santo Tomás; 2016. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4510>
29. René A, Cruz R, Aldo F. Estimación de la radiación ionizante emitida por los aparatos de rayos X periapicales. *Rev Cient Univ Salvadoreña Alberto Masferrer*. 2020;10(4):[23 p.]. Disponible en: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aqcd%3A16%3A5878560/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aqcd%3A147397937>
30. Abdinian M, Aminian M, Keymasi F, Soltani P, Cernera M, Armogida NG, et al. Comparison of the Operator and Surrounding Dose When Using Portable Intraoral X-ray Devices. *Applied Sciences* [Internet]. 2024;14(8):3515. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/8/3515>

31. Nicodemo OP, Fiori-Chíncaro GA, Agudelo-Botero AM, Llaguno-Rubio JM, Díaz RG. Dosis de radiación permitida en pacientes odontológicos. Una revisión. Revista Científica Odontológica [Internet]. 27 de marzo de 2023;11(1):e144. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10832395/>
32. QuestionPro. Investigación cuasi-experimental [Internet]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-cuasi-experimental/>
33. Zuliani Arango L. Estudio exploratorio, un viaje para descubrir. Investig Educ Enferm. 2010;28(3):484–93. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-53072010000300019
34. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción) [Internet]. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/860/>
35. Okdiario. Conoce el método de observación directa [Internet]. 2019. Disponible en: <https://okdiario.com/curiosidades/conoce-metodo-observacion-directa-3628568>
36. Grupo Aspasia. Método (de investigación) deductivo - Glosario de la formación [Internet]. 2022. Disponible en: <https://grupoaspasia.com/es/glosario/metodo-de-investigacion-deductivo/>
37. Neogrid. Método estadístico: qué es y cómo aplicarlo a la cadena de suministros [Internet]. 2024. Disponible en: <https://neogrid.com/es/metodo-estadistico-aplicarlo-cadena-de-suministros/>

38. Betancur SM. El método de análisis y síntesis y el descubrimiento de Neptuno [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3798/379853583003/html/>
39. Betancur SM. El método de análisis y síntesis y el descubrimiento de Neptuno [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3798/379853583003/html/>
40. Smith R, Tremblay R, Wardlaw G. Evaluation of stray radiation to the operator for five hand-held dental X-ray devices. Dentomaxillofacial Radiology [Internet] 2019 [citado 3 abr 2025]; 48. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30694078/>
41. Fuentealba Muñoz C, Rodríguez Casas A, Espinoza Leyton A, Hidalgo Rivas A. Exposición a rayos X del operador de equipos radiográficos portátiles de mano en odontología con distintas angulaciones verticales. AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGIA [Internet] 2024 [citado 3 abr 2025]; 40 (3). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852024000400003
42. Taha M, Al-Jobory A, Mohammed H. Determination of operators' portable x-ray safety. Dentistry 3000 [Internet] 2024 [citado 3 abr 2025]; 13 (2). Disponible en: <https://dentistry3000.pitt.edu/ojs/dentistry3000/article/view/734>
43. Altındağ A, Eren H, Orhan K, Gorgun S. Evaluation of Operator and Patient Doses after Irradiation with Handheld X-ray Devices. MDPI [Internet] 2023 [citado 3 abr 2025]; 13. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/18/10414>
44. Abdinian M, Soltani P, Aminian M, Cernera M. Comparison of the Operator and Surrounding Dose When Using Portable. Intraoral X-ray Devices. Applied

Sciences [Internet] 2024 [citado 3 abr 2025]; 14. Disponible en:
<https://www.mdpi.com/2076-3417/14/8/3515>

45. Zenobio E, Zenobio M, Azecedo C, Socorro M, Almeida C, Manzi F. Assessment of image quality and exposure parameters of an intraoral portable X-rays device. Dentomaxillofacial radiology [Internet] 2019 [citado 3 abr 2025]; 48. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30426762/>

46. Makdissi J, Pawar R, Johnson B, Chong B. The effects of device position on the operator's radiation dose when using a handheld portable X-ray device. Dentomaxillofacial radiology [Internet] 2016 [citado 3 abr 2025]; 45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26764582/>

13. ANEXOS

Figura 7. Con disco retrodispersor. (*Dexcowin DX3000*). Sector superior-anterior (centrales).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Figura 8. Sin disco retrodispersor. (*Dexcowin DX3000*). Sector superior-anterior (centrales).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Figura 9. Con doble escudo de plomo. (*Woodpecker Smart Ray*). Sector superior-anterior (centrales).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Figura 10. Con disco retrodispersor. (*Dexcowin DX3000*). Sector superior-posterior (1er molar).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Figura 11. Con doble escudo de plomo. (*Woodpecker Smart Ray*). Sector superior-posterior (1er molar).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Figura 12. Con disco retrodispersor. (*Dexcowin DX3000*). Sector inferior-posterior (1er molar)



Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Figura 13. Con doble escudo de plomo. (*Woodpecker Smart Ray*). Sector inferior-posterior (1er molar).



Fuente: Propia de los autores de esta investigación.

Tabla 4: Registro de Dosis por Dosímetro - Sector Superior (Mediciones individuales de radiación ionizante según configuración de rayos X).

Configuración Rayos X	Sector Superior	Dosímetro 1 Radiación Ionizante Directa (Operador principal)				Dosímetro 2 Radiación Ionizante Indirecta (Operador al frente)				Dosímetro 3 Radiación Ionizante Indirecta (Operador al lado)			
Portátil con Disco de Retrodispersión	Anterior (centrales)	011.70	011.91	011.94	012.04	000.49	000.53	000.58	000.47	000.11	000.14	000.12	000.08
		011.92	011.50	012.23	012.35	000.61	000.58	000.68	000.66	000.16	000.21	000.21	000.12
	Posterior (1er molar)	015.96	019.47	013.56	015.67	001.80	002.04	001.58	001.60	006.00	007.90	005.27	006.34
		021.48	013.18	021.61	016.40	002.13	001.52	002.66	001.92	008.13	005.40	008.55	006.42
Portátil sin Disco de Retrodispersión	Anterior (centrales)	09.84	010.6	09.86	08.23	000.11	000.17	000.27	000.06	000.14	000.11	000.22	000.22
		09.98	010.01	009.83	010.34	000.14	000.18	000.15	000.13	000.12	000.26	000.21	000.21
	Posterior (1er molar)	021.52	012.68	021.10	021.86	000.92	001.44	001.42	001.53	012.82	007.72	012.45	012.84
		015.07	013.26	022.18	014.05	001.11	000.10	001.35	001.52	008.80	008.13	001.20	008.56
Portátil con Doble Escudo de Plomo	Anterior (centrales)	012.90	012.33	012.94	012.17	000.17	000.32	000.13	001.37	000.28	000.20	000.22	000.37
		012.68	012.80	012.16	012.53	000.14	000.33	000.18	000.25	000.18	000.37	000.20	000.26
	Posterior (1er molar)	020.47	020.15	021.76	020.67	002.02	002.30	008.18	002.26	008.01	007.31	000.90	007.70
		020.66	020.00	020.60	020.63	002.40	001.67	002.23	002.56	021.73	021.15	021.77	021.62

Fuente: Propia de los autores de esta investigación

Tabla 5: Registro de Dosis por Dosímetro - Sector Inferior (Mediciones individuales de radiación ionizante según configuración de rayos X)

Configuración Rayos X	Sector Inferior	Dosímetro 1 Radiación				Dosímetro 2 Radiación				Dosímetro 3 Radiación			
		Ionizante Directa (Operador principal)				Ionizante Indirecta (Operador al frente)				Ionizante Indirecta (Operador al lado)			
Portátil con Disco de Retrodispersión	Anterior (centrales)	012.7	012.78	012.56	011.76	004.27	004.12	004.14	003.93	000.43	000.35	000.43	000.38
		013.11	013.07	013.01	013.24	004.06	004.27	004.22	004.15	000.54	000.37	000.50	000.45
	Posterior (1er molar)	019.88	020.53	020.50	020.47	000.88	002.10	002.04	002.03	015.56	015.83	015.65	016.30
		021.18	018.77	021.43	020.97	002.24	001.91	002.14	002.16	015.53	015.38	015.91	016.55
Portátil sin Disco de Retrodispersión	Anterior (centrales)	012.26	010.15	013.01	013.06	004.14	003.63	004.03	004.40	000.30	000.45	000.34	000.27
		012.51	013.04	012.67	013.34	004.07	004.18	004.57	004.37	000.48	000.46	000.63	000.47
	Posterior (1er molar)	021.17	021.17	017.31	018.10	005.94	005.94	003.38	003.61	004.21	004.38	004.16	004.25
		018.30	018.16	018.21	018.73	003.64	003.52	003.20	003.55	004.21	004.56	004.73	004.12
	Anterior (centrales)	010.72	010.64	010.61	010.40	003.76	004.00	004.35	003.85	000.88	000.54	000.72	000.57

Estudio Comparativo del Nivel de Exposición de Radiaciones
Ionizantes Directa Vs. Indirecta en Endodoncia.

Portátil con Doble Escudo de Plomo		010.3 1	010. 81	010. 58	010.9 0	003. 87	003. 77	003. 61	003. 91	000. 91	000. 56	000.5 4	000. 58
	Posterior	016.6 2	017. 08	015. 32	017.0 7	002. 15	002. 55	002. 64	002. 64	008. 23	005. 91	005.8 5	017.3 3
	(1er molar)	015.7 0	015. 80	017. 64	017.5 8	002. 64	002. 48	002. 52	002. 38	019. 60	005. 97	015.5 5	014.4 3

Fuente: Propia de los autores de esta investigación