

# DOSIMETRÍA TLD EN TORNO A EQUIPOS PARA RADIOGRAFÍA DENTAL

Eduardo Medrano<sup>1</sup>, María Arameli Robles Gutiérrez<sup>1</sup>, Héctor René Vega-Carrillo<sup>2</sup>,  
Consuelo Letechipía de León<sup>2</sup>, Víctor Martín Hernández-Dávila<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Zacatecas

<sup>2</sup> Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas  
Apdo Postal 336  
98000 Zacatecas, Zac. México

Buzones electrónicos: [edumeco@yahoo.com.mx](mailto:edumeco@yahoo.com.mx), [fermineutron@yahoo.com](mailto:fermineutron@yahoo.com)

## Resumen

La dosis equivalente ambiental en torno a unidades de rayos x usados en odontología ha sido medida. También se midió la radiación que se fuga del cabezal de un equipo de rayos x y la dosis en las superficies de un maniquí esférico de polietileno y uno de agua, usados para representar al paciente y al operador respectivamente. El estudio se realizó con dosímetros termoluminiscentes del tipo 100. Las condiciones de operación de las unidades de rayos x fueron variadas cuando se midió la dosis equivalente ambiental. En las otras mediciones los equipos se operaron a 70 kVp y 8 mA. En la dosis equivalente ambiental se encontró asimetría, así mismo la dosis debida a la radiación que se fuga de uno de los cabezales también fue asimétrica. Los valores de la dosis en los maniqués fueron menores a los valores de referencia recomendados.

**Palabras clave.** Radiografía intrabucal, dosimetría termoluminiscente, dosis absorbida.

## 1.- INTRODUCCIÓN

En los usos médicos de la radiación ionizante, uno de los objetivos de la protección radiológica es proteger a los pacientes de la radiación innecesaria y realizar el examen con la menor dosis posible. En Odontología, la radiografía, intra o extraoral, es una herramienta útil, y en ocasiones necesaria, en el diagnóstico o el seguimiento de la evolución de los tratamientos aplicados [Van der Stelt 1995]. Los efectos deterministas que se traducen en daños a órganos o tejidos se pueden producir cuando una persona se expone a dosis de radiación altas; cuando los niveles de dosis son pequeños, como en el caso de las radiografías dentales, los efectos que pueden inducir son estocásticos. Sin embargo, por su utilidad y accesibilidad los equipos genéricos de rayos x están ampliamente diseminados, por lo que la cantidad de radiografías dentales que se realizan es muy grande [Jodar *et al.*, 2005; Okano y Sur 2010]. Durante la obtención de una radiografía en odontología los órganos críticos que se encuentran en la región de la cabeza y el cuello son la tiroides, el cristalino, las glándulas salivales y el cerebro [Hufton *et al.*, 1998]. La Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Zacatecas cuenta con un servicio integral de salud bucal cuyos servicios se ofrecen al público. Este servicio es también usado como un espacio de aprendizaje para los estudiantes del programa de odontología, en la figura 1 se muestra una imagen donde dos estudiantes realizan una radiografía.



Figura 1.- Toma de una radiografía dental.

En las ciudades de Zacatecas y Guadalupe, en el estado de Zacatecas en México se tienen dos clínicas, CLIMUZAC y CLIZAC, que cuentan con unidades de rayos x donde se realizan radiografías extrabucal e intrabucal como auxiliares de diagnóstico y tratamiento. Durante su formación, los estudiantes son instruidos sobre los aspectos técnicos de la radiografía, su interpretación y los aspectos de protección radiológica.

Con el fin de evaluar los niveles de dosis en las clínicas el objetivo de este trabajo fue medir los valores de dosis recibida en pacientes y operadores de los equipos de radiodiagnóstico (rayos X), de la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Zacatecas, UAO/UAZ, en la toma de radiografías intraorales.

Durante este estudio la hipótesis de trabajo fue la siguientes: La dosis absorbida de radiación ionizante en los pacientes de la CLIMUZAC y la CLIZAC de la UAO/UAZ durante la práctica clínica es igual o menor a 7 mGy al tomar una radiografía periapical, con lo que se satisfacen los valores de referencia establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002 [NOM 2006]. Así mismo, el personal no ocupacionalmente expuesto (alumnos) no supera la dosis máxima permisible.

## **2.- MATERIALES Y MÉTODOS**

La siguiente investigación se realizó en las salas de radiodiagnóstico de CLIMUZAC y CLIZAC de la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Zacatecas ubicadas en los municipios de Guadalupe y Zacatecas en el estado de Zacatecas en México.

### **2.1.- Dosímetros termoluminiscentes**

En estudios dosimétricos los dosímetros termoluminiscentes, TLD, son vastamente usados. Existen varios tipos de TLDs cuyas características se muestran en la tabla 1.

En este estudio se usaron dosímetros termoluminiscentes del tipo 100, TLD100, cuyo número atómico efectivo ( $Z_{\text{eff}} = 8.14$ ) es cercano al del tejido ( $Z_{\text{eff}} = 7.42$ ) [Vega Carrillo y Hernández Dávila 2011].

Tabla 1.- Características de los TLDs.

| Tipo    | Material  | $\rho$<br>[g/cm <sup>3</sup> ] | $Z_{\text{eff}}$ |
|---------|---|--------------------------------|------------------|
| TLD 100 | natural LiF                                       | 2.64                           | 8.2              |
| TLD 200 | CaF <sub>2</sub> :Dy                              | 3.18                           | 16.3             |
| TLD 400 | CaF <sub>2</sub> :Mn                              | 3.18                           | 16.3             |
| TLD 500 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :C                 | 2.7                            | 10.2             |
| TLD 600 | <sup>6</sup> LiF                                  | 2.64                           | 8.2              |
| TLD 700 | <sup>7</sup> LiF                                  | 2.64                           | 8.2              |
| TLD 800 | Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> :Mn | =2.4                           | 7.4              |
| TLD 900 | CaSO <sub>4</sub> :Dy                             | 2.61                           | 15.5             |

## 2.2.- Dosimetría en la sala de rayos X en la CLIZAC

Con el fin de determinar la dosis equivalente ambiental,  $H^*(10)$ , dentro de la sala de rayos X y en el área administrativa se colocaron 5 portadosímetros cuya posición se muestra en la figura 2.

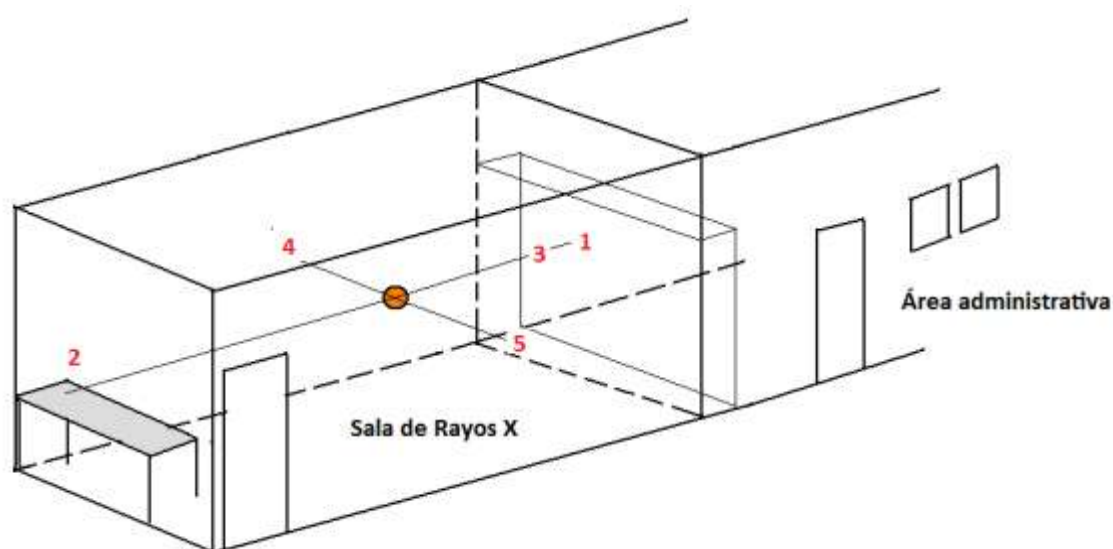


Figura 2.- Ubicación de los dosímetros en la sala de rayos X de la CLIZAC.

En esta sala hay una unidad de rayos X, para radiografía intrabucal, fabricado por *CORAMEX S.A.* modelo *CORIX 70 PLUS USV*. Las condiciones de operación el equipo son 70 kVp y 8 mA. El portadosímetro 1 se ubicó dentro de uno de los cajones donde se almacena papelería; la posición fue lo más cercano a la pared interna del área administrativa. El portadosímetro 3 se colocó a la misma altura que el número 1 pero dentro de la sala del equipo de rayos X. Los portadosímetros 3, 4 y 5 también se colocaron dentro de la sala de rayos X. El 4 y 5 se colocaron a la altura aproximada donde se dispara el haz de rayos X durante la toma de las placas dentales. El portadosímetro 2 se ubicó en el muro donde se ubica la mesa de revelado. En cada portadosímetro, como el mostrado en la figura 3, se colocaron 4 dosímetros termoluminiscentes del tipo 100, (TLD100). Este tipo de TLDs son de LiF de  $0.5 \times 0.5 \times 0.089 \text{ cm}^3$ , su densidad es de  $2.64 \text{ g/cm}^3$  y son sensibles a los rayos X y los rayos  $\gamma$  [Higginbotham 1996].



Figura 3.- Portadosímetro.

Antes de su uso los TLDs se calentaron por 1 hora a  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , en una mufla electrónica Panasonic, con el fin de eliminar cualquier señal termoluminiscente (borrado) que haya sido inducida por su exposición a fuentes de radiación natural (radiación de fondo) o artificial.

Con el fin de determinar la  $H^*(10)$  se dejaron durante 33 días (792 horas), transcurrido este tiempo los portadosímetros se trasladaron al Laboratorio de Mediciones Nucleares de la Unidad Académica de Estudios Nucleares y se leyeron con un lector de TLDs Harshaw 3500, como muestra en la figura 4.



Figura 4.- Proceso de lectura de los TLDs.

La lectura se realizó en atmósfera de nitrógeno de 50 a 300 °C con un gradiente de 10 °C/segundo. Las lecturas de los 4 TLDs de cada portadosímetro se promediaron y se obtuvo la dosis total acumulada durante las 792 horas. Durante ese mismo periodo se midió la dosis de fondo en el laboratorio de mediciones. A los valores de las dosis medidas con los TLDs se les restó el valor de la dosis de fondo con el fin de determinar la dosis equivalente ambiental neta.

### **2.3.- Dosimetría en las salas de rayos X en la CLIMUZAC**

Un estudio similar al antes descrito se realizó en las salas de rayos X de la UAO campus Guadalupe, en la figura 5 se muestran ambas salas.



Figura 5.- Salas A y B de rayos X de la UAO campus Guadalupe.

Los portadosímetros permanecieron en posición durante 813 h, y se colocaron a la altura donde se dirige el haz, el No 2 se ubicó en el muro y recibe el haz cuando al paciente se le hace una radiografía de izquierda a derecha del paciente, mientras que el No 3 se ubicó en soporte de aluminio de las ventanas que dan hacia el pasillo que recibe el haz cuando al paciente se le hace una radiografía de derecha a izquierda. Cada portadosímetro contenía 4 TLDs del tipo 100, cuyo tratamiento antes de su uso fue el mismo descrito previamente. Una vez transcurrido el tiempo de medición los TLDs se leyeron y se corrigieron por la radiación debida al fondo usando el mismo procedimiento mencionado antes.

## **2.4.- Dosimetría en torno a una unidad de rayos X y un maniquí de polietileno**

En esta etapa del estudio se evaluó la dosis debida a la radiación que se fuga del cabezal y la dosis que recibe un paciente cuando se le hace una radiografía intrabucal.

### **2.4.1 Radiación de fuga**

Los tubos de rayos X se encuentran dentro de una carcasa de material con número atómico y densidad relativamente altos, como el plomo o el tungsteno, con el fin de reducir la radiación de fuga. En odontología, la toma de algunas radiografías dentales requiere que el operador de la unidad se ubique detrás o a un lado del cabezal donde el cuerpo del operador se expone a la radiación de fuga.

El personal que opera las unidades de rayos X en odontología son los estudiantes y los profesores que no se consideran personal ocupacionalmente expuesto (POE) y por lo tanto no están sujetos a una vigilancia y supervisión radiológica. Esto hace necesario evaluar la dosis que reciben en la operación de los equipos con el fin de asegurar que la dosis efectiva anual que reciben no es mayor a 1 mSv. Con el fin de evaluar la dosis debida a la radiación de fuga del cabezal de los equipos de rayos X para radiografía bucal se usó una de las unidades de rayos X del campus Guadalupe.

En torno al cabezal se colocaron 4 portadosímetros, cada uno con 4 TLD100s, en el cabezal. Uno se fijó a la salida del cono, y los otros se fijaron en la parte superior, lateral y posterior del cabezal, como se muestra en la figura 6.



Figura 6.- Ubicación de los portadosímetros en torno al cabezal.

La tensión, la corriente y el tiempo de disparo de la unidad de rayos X se fijó en 70 kVp, 8 mA y 0.6 segundos. Con el fin de garantizar una buena estadística en la lectura de los TLDs se hicieron 10 disparos manteniendo constantes las características de operación del equipo.

#### **2.4.2.- Dosis al paciente**

Cuando se usan los rayos X con fines terapéuticos o de diagnóstico, el cuerpo del paciente recibe una dosis considerable en una zona limitada de su cuerpo; sin embargo, esta dosis se justifica por el beneficio que recibe [ICRP 2001]. Así, Ribeiro y Angelieri [2008] han demostrado que la exposición a los rayos X durante la toma de una radiografía dental panorámica promueve la citotoxicidad en el paciente. Este riesgo se justifica ya que al odontólogo le proporciona parte de la información que le permite hacer un mejor diagnóstico en beneficio del paciente. Para el paciente no se establecen valores de dosis máxima permisible, en su lugar se usa el concepto de niveles de referencia [Walker and Van der Putten 2012] como un valor límite extremo de dosis que se recomienda cuando un paciente se expone a un haz de radiación ionizante con fines terapéuticos o de diagnóstico. Los valores se sugieren intentando mantener un equilibrio entre el riesgo y el beneficio.

De acuerdo a la normatividad nacional [NOM 2006] el nivel orientativo de la dosis absorbida que recibe un paciente cuando se le hace una radiografía dental periapical no



debe ser mayor a 7 mGy. El factor de calidad de los rayos X es 1 [ICRP 2003], por lo tanto con el fin de comparar la dosis absorbida con la dosis equivalente, en lo sucesivo este límite lo estableceremos como 7 mSv. La norma nacional también señala que para la toma de radiografías intrabucales el operador del equipo de rayos X no requiere de dispositivos de protección siempre y cuando lo opere desde una zona protegida [NOM 2006].

Con el fin de estimar la dosis que recibe un paciente cuando se le hace una radiografía bucal se diseñó un experimento donde se usaron dos maniqués o fantomas que representan al paciente [ICRU 2005]. Uno de los maniqués se usó para representar la cabeza del paciente y el otro para representar el torso del operador de la unidad de rayos X. Para representar la cabeza de un paciente se usó una esfera de polietileno de 10.16 cm de radio, mientras que para representar al operador se usó un maniquí de agua, como se muestra en la figura 7.

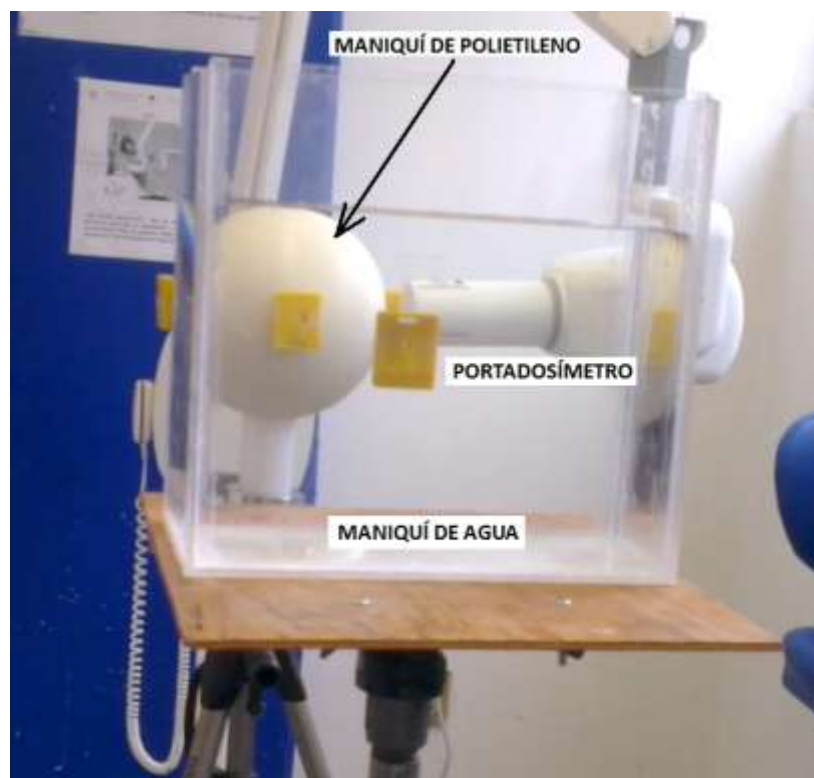


Figura 7.- Arreglo experimental con los maniqués.

En este arreglo experimental se usaron 4 portadosímetros, cada uno con 4 TLDs. Uno de éstos se colocó en la superficie de la esfera que recibe el haz directo de los rayos X, a 2 cm de la salida del cono, el otro se ubicó en el lado opuesto de la esfera que representa la superficie de salida del haz, el tercero se posicionó a  $90^0$  de la dirección de entrada y salida del haz. A 40 cm se colocó el maniquí de agua, cuyas dimensiones son las recomendadas para el maniquí de la placa de agua del ICRU [1996]. Sobre éste se fijó el cuarto portadosímetro. La unidad de rayos X se programó para operar a 70 kVp, 8 mA y 0.6 segundos del tiempo de disparo. Con el fin de asegurar una buena estadística en las curvas de brillo de los TLDs, el equipo se disparó 10 veces.

### 3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Dosimetría en la sala de rayos X en la CLIZAC

En la tabla 2 se muestran los valores de la dosis equivalente ambiental neta y la rapidez de la dosis equivalente ambiental en cada uno de los puntos donde se colocaron los porta dosímetros.

Tabla 2.- Valores de la  $H^*(10)$  y la  $H^*(10)$  en la sala de rayos X de la CLIZAC.

| Portadosímetro | $H^*(10)$<br>[ $\mu$ Sv] | $H^*(10)$<br>[ $\mu$ Sv/h] |
|----------------|--------------------------|----------------------------|
| 1              | 0                        | 0                          |
| 2              | $31 \pm 3$               | $0.039 \pm 0.001$          |
| 3              | 0                        | 0                          |
| 4              | $37 \pm 4$               | $0.047 \pm 0.002$          |
| 5              | $68 \pm 7$               | $0.086 \pm 0.006$          |

De los valores tabulados se observa que la dosis en el área administrativa y en el muro contiguo a esta área el uso del equipo no deposita ninguna dosis. En la parte interna del muro contiguo al corredor la dosis fue mayor 68  $\mu$ Sv; esta pared recibe el haz de rayos X cuando al paciente se le hace una radiografía en el plano lateral derecho; mientras que en el muro opuesto la dosis fue de 37  $\mu$ Sv, que es la pared que recibe el haz cuando al paciente se le hace una radiografía en el plano lateral izquierdo. Estos valores nos

indican que la mayor cantidad de radiografías se toman en el plano lateral derecho del paciente, probablemente esto se deba a que los sextantes más afectados por caries según reportes consultados son los posteriores [Bravo Pérez *et al.*, 2006]; al igual que en otro estudio revisado los 1° molares permanentes son los de mayor prevalencia en caries por diferentes causas, las cuales son que es el primer diente de la dentición permanente en erupcionar y el más susceptible al ataque de la caries, su destrucción parcial o total repercute de manera importante en el desarrollo y crecimiento maxilofacial y por lo tanto en la función masticatoria. También se puede observar que en el muro donde se encuentra la mesa de revelado la dosis por el uso del tubo de rayos X fue de 31  $\mu\text{Sv}$ , probablemente debido a los rayos X que se dispersan por los muros.

De acuerdo a las recomendaciones internacionales [ICRP 1996] la dosis máxima permisible (DMP), anual para el personal ocupacionalmente expuesto (POE) es de 20 mSv/año; suponiendo que 1 año implica 2000 horas laborables, la dosis máxima permisible para el POE es de 10  $\mu\text{Sv/h}$ . De acuerdo a la normatividad nacional [NOM 2006] los estudiantes se consideran personal no ocupacionalmente expuesto (PNOE). Para este grupo la DMP es 1/10 la DMP para el POE, esto es: 1  $\mu\text{Sv/h}$ . Observando los valores de la tabla 2, en ninguno de los casos se excede la DMP anual para PNOE.

### 3.2 Dosimetría en las salas de rayos X en la CLIMUZAC

En la tabla 3 se muestran los valores de la dosis neta y la tasa de dosis neta equivalente ambiental.

●  
 Tabla 3.- Valores de la  $H^*(10)$  y la  $H^*(10)$  en el campus Guadalupe.

| Portadosímetro | $H^*(10)$<br>[ $\mu\text{Sv}$ ] | $H^*(10)$<br>[ $\mu\text{Sv/h}$ ] |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1              | 0                               | 0                                 |
| 2              | $397 \pm 3$                     | $0.488 \pm 0.001$                 |
| 3              | $15 \pm 4$                      | $0.018 \pm 0.002$                 |

Aquí se observa que en el espacio usado para la valoración del paciente la dosis debida al uso de los equipos de rayos X es nula, mientras que en el muro que recibe el haz cuando al paciente se le hace una radiografía en el plano lateral izquierdo del paciente la dosis total fue la mayor, 397  $\mu\text{Sv}$  durante las 813 h que duraron los dosímetros. El muro

que contiene las ventanas y que recibe el haz cuando al paciente se le hace una toma en el plano lateral derecho la rapidez de dosis fue de 15  $\mu\text{Sv}$ .

Los valores en estas salas de radiodiagnóstico no concuerdan considerablemente en comparación con la sala de CLIZAC ya que hubo algunas variantes que afectaron el estudio, por ejemplo, el robo de uno de los portadosímetros y las horas de trabajo, ya que el uso de los aparatos de rayos X se interrumpió diversas ocasiones afectando en los valores obtenidos. Sin embargo, al igual que en caso de la CLIZAC los valores de la dosis son menores a la DMP para el PNOE.

### 3.3 Dosimetría en torno a una unidad de rayos X y un maniquí de polietileno

Una vez terminado este procedimiento se leyeron los TLDs, y los valores de las lecturas se dividieron entre 10 con el fin de determinar los valores de la dosis por disparo (o por radiografía). En la tabla 4 se muestran los valores del Kerma en aire ( $K_{\text{Aire}}$ ) medidas en torno al cabezal.

Tabla 4.- Dosis por cada disparo en torno al cabezal.

| <b>Posición</b> | <b><math>K_{\text{Aire}}</math><br/>[ <math>\mu\text{Gy}</math> ]</b> |
|-----------------|---|
| Frente          | $137.5 \pm 8.8$   |
| Lateral         | $70.4 \pm 15.5$   |
| Superior        | $66.4 \pm 16.4$   |
| Posterior       | $59.8 \pm 13.6$   |

De los valores tabulados se observa que la mayor dosis se presenta a la salida del cono; a pesar de que la carcasa tiene como propósito abatir la radiación de fuga la dosis debida ésta varía de 59.8 a 70.4  $\mu\text{Gy}$ , siendo la menor la que se fuga por la parte posterior del cabezal. Este hallazgo hace importante que durante los procesos de aprendizaje del uso de los equipos de rayos X, se enfatice que durante el disparo del equipo los estudiantes deben estar al menos a 1 metro de distancia.

### 3.4.- Dosis al paciente

Terminada la fase de 10 disparos del aparato de rayos X se leyeron los TLDs, y se obtuvieron las dosis respectivas (Kerma en aire en la superficie de entrada, KASE, y el  $K_{\text{Aire}}$ ), en la tabla 5 se muestran los resultados.

Tabla 5.- Dosis en el maniquí del paciente y del operador.

| Posición                                   | Magnitud          | Kerma en aire<br>[ $\mu\text{Gy}$ ] |
|--|-------------------|-------------------------------------|
| Superficie de entrada del haz              | KASE              | $121.7 \pm 7.8$                     |
| Superficie de salida del haz               | $K_{\text{Aire}}$ | $0.085 \pm 0.006$                   |
| Superficie perpendicular de salida del haz | $K_{\text{Aire}}$ | $0.78 \pm 0.05$                     |
| Maniquí de agua                            | KASE              | $0.20 \pm 0.01$                     |

La dosis en la superficie de entrada del maniquí del paciente es un poco menor a la dosis que se midió en la salida del cono, la causa de esta disminución es que en el caso del paciente los TLDs se ubican a 22 cm del centro del tubo de rayos X, mientras que en el otro caso la distancia fue de 20 cm.

La dosis que recibe el paciente es inferior al nivel orientativo de 7 mGy [NOM 2006] y su magnitud es similar a 140  $\mu\text{Gy}$  reportados por Napier [1999] en un estudio retrospectivo realizado en 6344 unidades de rayos X usados para la toma de radiografías intrabucales en el Reino Unido.

También, se puede observar que las dosis en las otras superficies del maniquí del paciente son muy pequeñas, lo que implica que la energía de los rayos X fue absorbida por el maniquí, esto implica que durante la toma de una radiografía de este tipo la dosis es absorbida por las estructuras internas de la cabeza del paciente; en este caso las glándulas salivales, el globo ocular, la tiroides y la hipófisis serían las estructuras de mayor riesgo [ICRP 2012a; ICRP 2012b].

También se observa que la dosis sobre la superficie del maniquí de agua es pequeña, sin embargo a este nivel, las glándulas mamarias, el timo y los pulmones del operador de la

unidad de rayos X son los órganos más sensibles, por lo que es importante mantener la regla de que durante el disparo, el paciente sujete la placa radiográfica o que la sujeción se haga con dispositivos auxiliares (“*snap*”, bloques de mordida, etc) y que el operador se mantenga al menos a 1 m de distancia del equipo y nunca se coloque en la dirección del haz de salida [ICRP 2009].

## 4.- CONCLUSIONES

Los efectos biológicos de la radiación dependen de la cantidad de energía absorbida por la materia viva proveniente de un campo de radiación y por la distribución espacial de esta energía en el tejido. Es por esto que dentro del estudio realizado en las clínicas CLIMUZAC y CLIZAC se cuantificó la dosis absorbida en pacientes y las dosis equivalente personal para los estudiantes y la ambiental en torno a los equipos de radiodiagnóstico; para saber a qué tanta radiación ionizante se exponen, durante la la toma de rayos X intrabucales. De este estudio las conclusiones más importantes son las siguientes:

- Dentro de la dosis máxima permisible en el personal no ocupacionalmente expuesto (estudiantes) no supera la dosis de 1  $\mu\text{Sv/h}$  establecida en los reportes del ICRP 1996.
- Durante los disparos en torno a la unidad de rayos X se observa que la mayor dosis se presenta a la salida del cono y es por esto que durante el disparo del equipo los estudiantes deben estar al menos a 1 m de distancia.
- La dosis absorbida por el paciente es inferior al nivel orientativo 7 mGy durante la toma de una radiografía periapical establecido por la NOM-229-SSA1-2002.
- A pesar de los resultados obtenidos que son mínimos debemos recalcar que las estructuras anatómicas de mayor riesgo durante la toma de radiografías periapicales en los pacientes son glándulas salivales, globo ocular (iris y cristalino), tiroides y la hipófisis; y en el operador al sujetar el cabezal de rayos X son las glándulas mamarias, timo y pulmones.
- El personal odontológico está expuesto a una dosis de radiación que es acumulable, y se debe mantener a los valores mínimos posibles usando las medidas de protección radiológica adecuadas.

## REFERENCIAS

- Bravo Pérez M; Casals Peidró E; Cortés Martinicorena FJ; Llodra Calvo JC. (2006). *Encuesta de Salud Oral en España 2005*. Revista del Consejo de Odontólogos y Estomatólogos **11**: 409-456.
- Higginbotham J. (1996). *APPLICATIONS OF NEW TECHNOLOGIES: EXTERNAL DOSIMETRY*. Maddison, WI: Medical Physics Publishing, Co.
- Hufton AP; Doyle SM; Carty HML. (1998). *Digital radiography in paediatrics: radiation dose considerations and magnitude of possible dose reduction*. The British Journal of Radiology **71**: 186-199.
- ICRP. (1996). *Conversion coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation*. International Commission on Radiation Protection, ICRP 74. Annals of the ICRP **26**: 21-109.
- ICRP. (2001). *Radiation and your patient: A guide for medical practitioners*. Annals of the ICRP **31**: 15-43.
- ICRP. (2003). *Relative biological effectiveness (RBE), Quality factor (Q), and Radiation weighting factor ( $w_R$ )*. International Commission on Radiation Protection, ICRP 92. Annals of the ICRP **33**: 11.
- ICRP. (2009). *Education and training in radiological protection for diagnostic and interventional procedures*. International Commission on Radiation Protection, ICRP 113. Annals of the ICRP **39**: 10.
- ICRP. (2012b). *Early and late effects of radiation in normal tissues and organs: threshold doses for tissue reactions and other non-cancer effects of radiation protection context*. ICRP publication **118**: Annals of the ICRP **41**: 55-79.
- ICRP. (2012a). *ICRP statement on tissue reactions and early and late effects on radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context*. International Commission on Radiation Protection, ICRP publication **118**. Annals of the ICRP **41**: 116-172.
- ICRU. (2005). *Patient dosimetry for X rays used in medical imaging*. Journal of the ICRU, **5**: 17-45.
- Jodar S; Alcaraz M; Martínez-Beneyto Y; Pérez L; Velasco E; López M. (2005). *Manejo de las radiaciones ionizantes en instalaciones dentales españolas: intraorales y panorámicos*. Avances en Odontoestomatología **21**: 361-370.
- Napier, I.D. (1999). *Reference doses for dental radiography*. British Dental Journal, **186**: 392-396.



- NOM. (2006). *Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.* Norma Oficial Mexicana **NOM-229-SSA1-2002**.
- Okano T; Sur J. (2010). *Radiation dose and protection in dentistry.* Japanese Dental Science Review **46**: 112-121.
- Ribeiro DA; Angelieri F. (2008). *Cytogenetic biomonitoring of oral mucosa cells from adults exposed to dental X-rays.* Radiation Medicine **26**: 325-330.
- Suchul H; Boram L; Gwisoon S; Jonghak C; Jungmin K; Changseo P; Hyok P; Kisung L; Youhyun K. (2012). *Dose area product measurement for diagnostic reference levels and analysis of patient dose in dental radiography.* Radiation Protection Dosimetry **150**: 523-531.
- Van der Stelt PF. (1995). *Radiation protection and quality Assurance in dental radiography. A treatise from the European Community.* Revue Belge de Medecine Dentaire **51**: 111-122.
- Vega-Carrillo HR; Hernández-Dávila VM. (2011). *Calibración de los TLDs 100, para dosimetría en radioterapia del CICATA-IPN.* Reporte No. 007/TLDs-CICATA-2/052309, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
- Walker Ch; Van der Putten W. (2012). *Patient dosimetry and a novel approach to establishing Diagnostic Reference Levels in dental radiology.* Physica Medica **28**: 7-12.