Universidad Autónoma de Sinaloa

Facultad de Odontología

Especialidad en Endodoncia

“Exposición a radiación ionizante en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS”

No. de registro 2013-23

Tesis

Presentada a la Facultad de Odontología que como requisito para obtener el grado de Especialista en Endodoncia

Presenta:

C.D. Alejandro Ceceña Bonifant

Director de tesis

C.D.E.E. Vania Serrano Uzeta

Co-director de tesis

C.D.E.E. Armando Lara Rosano

Asesor

D.C.M. María de Lourdes Verdugo Barraza

Culiacán de Rosales, Sinaloa, México; a 30 de noviembre del 2013

Exposición a radiación ionizante en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS

C.D. Alejandro Ceceña Bonifant

Tesis presentada a la Facultad de Odontología que como requisito parcial para obtener el Grado de Especialista en Endodoncia en

Culiacán, Sinaloa; a 30 de noviembre del 2013

Resumen

Objetivo: determinar las radiaciones ionizantes absorbidas por el personal de la clínica de la Especialidad en Endodoncia de la UAS debido a la exposición ocupacional durante las jornadas laborales. Pues la cantidad de radiación ionizante que recibe un organismo (dosis absorbida) puede producir efectos dañinos en éste; dependiendo de la intensidad, tipo de radiación y tiempo de exposición a la fuente de emisión. Material y método: Participaron diez personas ocupacionalmente expuestas (POE). Se utilizó el aparato de rayos X marca Trophy, activado a un kilovoltaje fijo de 70 kVp con un tiempo de exposición de 0.12 segundos en cada disparo para toma radiográfica periapcial digital con la ayuda del Radiovisiógrafo Kodak®. Para la medición de radiación, se utilizaron dosímetros InLight con tecnología OSL, aportados y leídos por la empresa ALSA Dosimetría por tres meses. Los datos (reportes) de exposición por mes y la proporción a la dosis total anual acumulada (mSv) fueron entregados por la empresa responsable en tablas. Los valores obtenidos se compararon con los establecidos en la NOM- 229- SSA 1-2002. Resultados: en tres meses se tomaron 1,847 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. Conclusión: la radiación absorbida por el POE de la clínica de Endodoncia de la UAS está por debajo del límite de dosis anual. Por lo que, está fuera de riesgo de daño al organismo debido a exposición de radiación ionizante.

Palabras Clave: Dosis absorbida, persona ocupacionalmente expuesta, dosímetro.

Abstract

Objective: determine the ionizing radiation absorbed by the clinic staff of the Specialty in Endodontics UAS due to occupational exposure during working hours. As the amount of ionizing radiation received by an organism (absorbed dose) may produce harmful effects on it; depending on the intensity, type of radiation and exposure time to the emission source. Material and Methods: A total of ten people occupationally exposed (POE). X -ray apparatus Trophy brand, activated at a fixed kVp 70 kVp with an exposure time of 0.12 seconds per shot for taking digital radiographic periapcial support Radiovisiógrafo Kodak® was used. To measure radiation dosimeters used with OSL InLight technology provided and read by ALSA Dosimetry for three months. The data (reports) of exposure per month and the proportion of the total annual cumulative dose (mSv) were delivered by the company responsible in tables. The values obtained were compared with those established in NOM -229 - SSA 1-2002. Results: 1,847 in three months radiographs were taken. The sum of the doses received (total annual cumulative dose) in the three months to determine the lowest dose of 10 subjects was 0.66 mSv and the highest was 1.42 mSv. Conclusion: The radiation absorbed by the POE clinic UAS Endodontics is below the annual dose limit. So, who are at risk of damage to the body due to exposure to ionizing radiation.

Keywords: absorbed dose, occupationally exposed person, dosimeter.

Índice

		Página
I.	INTRODUCCIÓN…….……..	1
II.	MARCO TEÓRICO……	3
	II.I RADIACIÓN……...	3
	II.II RADIACIÓN IONIZANTE……	3
	II.III RAYOS X…….	10
	II.IV RADIACIÓN EN ODONTOLOGÍA……..	12
	II.V RADIACIÓN EN ENDODONCIA……..	19
	II.VI MEDICIÓN DE RADIACIÓN…….	24
III.	PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA……...	28
IV.	JUSTIFICACIÓN……	29
V.	OBJETIVOS……..……..….	30
VI.	TIPO DE ESTUDIO……...	31
VII.	MATERIAL Y MÉTODO..……..……	31
VIII.	RESULTADOS……..……..….	33
IX.	DISCUSIÓN…….……	35
X.	CONCLUSIÓN…….…	39
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS….……..…….....	40
XII.	ANEXOS……..……	46

I. INTRODUCCIÓN

Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. [1]

Como muchos otros agentes físicos, químicos y biológicos, las radiaciones ionizantes y en particular los rayos X, son capaces de producir daño orgánico. La radiación interacciona con los átomos, de la materia viva, provocando en ellos principalmente el fenómeno de ionización dando lugar a cambios importantes en células, tejidos, órganos, y en el individuo en su totalidad o su descendencia. El tipo y la magnitud del daño dependen de la clase de radiación, de su energía, de la dosis absorbida (energía depositada), y del tiempo de exposición. [1]

En el campo de la salud las radiaciones se usan para el diagnóstico por la capacidad de permitir ver órganos y estructuras cuando los rayos X penetran en el cuerpo, produciendo una semi-sombra que contiene áreas más claras y más oscuras que permiten ver la imagen de los órganos internos, que luego se interpreta para el diagnóstico. [1]

Particularmente en Endodoncia, 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. Por lo tanto, se requiere de una exposición repetida a dosis de radiación. [2, 3]

Llama la atención que muchos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, no utilizan de los elementos de protección personal de forma adecuada, aumentando la probabilidad de daño a la salud. Se han realizado diversas investigaciones que han estudiado los efectos adversos de la radiación

en diferentes áreas de humanos que incluyen los tejidos de la vía oral, región de cabeza y cuello, así como también en embriones (fetos) de mujeres embarazadas. [4, 5, 6]

Por lo que, el propósito de la presente investigación fue determinar las radiaciones ionizantes absorbidas por el personal de la clínica de la Especialidad en Endodoncia de la UAS debido a la exposición ocupacional durante las jornadas laborales. Así pues, al conocer la cantidad de radiación absorbida por el organismo será necesario utilizar elementos de protección como medida de prevención de los riesgos ocasionados por dichas radiaciones ionizantes.

II. MARCO TEÓRICO

II.I Radiación.

La radiación es el transporte de energía a través del espacio o la materia en una línea recta. En el caso de la luz, la energía radiada se puede recibir mejor como ondas electromagnéticas. En otros casos, la energía se describe más convenientemente en partículas. La energía de las partículas de radiación tiene como principal acción la de arrancar electrones de los átomos y moléculas, dejándolas ionizadas. La radiación que tiene este aspecto se conoce como radiación ionizante. Los tipos más comunes son los rayos X y la radiación de substancias radioactivas. [1]

Los rayos X son ondas electromagnéticas. Se caracterizan por su capacidad, no solamente de penetrar la materia, sino, como se menciona anteriormente, de producir ionización. Una característica de la radiación ionizante es la absorción de energía en el cuerpo y su distribución en órganos y sentidos específicos se pueden determinar por medida o por cálculo. [1]

II.II Radiación ionizante.

La radiación es energía en movimiento que puede ser transportada tanto por ondas electromagnéticas como por partículas. La radiación ionizante (RI) se caracteriza por la habilidad para ionizar y/o excitar los átomos del medio con el que interacciona. [7]

La producción de la radiación ionizante se genera cuando conectamos el aparato de rayos Roentgen (rayos X) a una corriente eléctrica; al activarse el aparato tenemos un haz de electrones que circulan por un filamento metálico de tungsteno que al paso de la corriente se calienta (efecto Joule) y, al alcanzar temperaturas

elevadas, desprende una nube de electrones (efecto Edison). Todo esto se realiza en el interior de una ampolla de vidrio, la cual se encuentra al alto vacío. Con el fin de que los electrones no interaccionen con el gas que llena la ampolla, ésta va sumergida en aceite de refrigeración y rodeada de una coraza de plomo a excepción de la ventana de emisión. La cantidad de electrones que se desprenden del filamento, se aceleran y se hacen colisionar contra el anticátodo o blanco. Sólo el 1% de la energía suministrada a los electrones se convierte en radiación ionizante, y el resto se convierte en calor. [1, 7]

Debido a que la energía necesaria para liberar un electrón de valencia del átomo es del orden de 4-25 eV, la radiación debe transportar energía cinética mayor que tal valor para que se le pueda considerar como ionizante. El estudio de dicha interacción se conoce como física radiológica; y en particular, la determinación cuantitativa del depósito de energía en la materia de interacción se denomina dosimetría. [8]

Hoy, los tipos de radiación ionizante más importantes son:

- Rayos ɣ (gamma): considerada como radiación electromagnética emitida por un núcleo al decaer. También pueden ser producidos en la aniquilación entre materia y antimateria.
- Rayos X: considerados como radiación electromagnética emitida por partículas cargadas (usualmente electrones) cuando cambian entre los niveles energéticos del átomo (rayos X característicos). Cabe mencionar, que un rayo ɣ y un rayo X con la misma energía cuántica, tienen propiedades idénticas y sólo se diferencian por su origen.

- Electrones rápidos: son emitidos por el núcleo y se denominan partículas β (beta). Pueden ser positivos (positrones) o negativos en carga eléctrica. Si son resultado de colisiones de partículas cargadas, s eles llama rayos δ (delta).
- Partículas Cargadas Pesadas (PCP): generalmente obtenidas de la aceleración de átomos pesados en un campo de Coulomb. Sin embargo, algunos núcleos radioactivos emiten partículas α (alfa) que son núcleos de helio y que también se consideran como PCP.
- Neutrones: son partículas sin carga eléctrica obtenidos de reacciones nucleares como la fisión nuclear. [1]

La exposición del ser humano a la radiación ionizante generada por fuentes naturales es parte inherente de la vida sobre la tierra. Algunas formas de radiación como la proveniente del sol, son necesarias para seguir viviendo. Así mismo, todos los organismos vivientes están relacionados ecológicamente unos con otros. La energía usada por todos los individuos, primero es capturada de la luz solar por las plantas verdes y a través de estas, todos los organismos del ecosistema obtendrán sus alimentos. Si la radiactividad en la forma de radioisótopos es introducida dentro de algún animal o planta, cambios físicos aparecerán más tarde o más temprano, usualmente más temprano en todo el ecosistema. Estos efectos dependerán no solo de las propiedades físicas del material radioactivo sino también del mantenimiento del material radioactivo por la comunidad. [9]

Los cambios dinámicos del ecosistema tienen significación radiológica. Los efectos específicos dependen del tipo, cantidad y rango de irradiación. Con bajas

dosis y bajos tiempos de exposición, los efectos posteriores pueden estar modificados en unas especies más que en otras. Con altos niveles de radioactividad se cree que un área estéril puede tener radiación residual de varios niveles. [9]

Los efectos producidos por una exposición a la radiación ionizante en organismos vivos, también varían de acuerdo a la intensidad, tipo de radiación y tiempo de exposición a la fuente de emisión.

La cantidad de radiación que recibe un organismo es conocida en el campo de la protección radiológica como **dosis absorbida**. La cual, está definida como la cantidad de energía que la radiación ionizante deposita en el volumen de una cierta cantidad de materia. Para cuantificar la dosis se utiliza la unidad llamada gray (Gy). Unidad que se define como un Joule por kilogramo. [1]

1 Gy= 1 Joul/Kg= 100 Rads

El efecto de la radiación ionizante es principalmente a nivel del metabolismo celular, cuando un órgano, tejido o microorganismo es irradiado, el ácido nucleico (ADN) contenido en el núcleo de las células se excita y puede sufrir ionización como cualquier otra molécula acuosa, por lo que puede alterarse el contenido del "mensaje" que permite a la célula funcionar y reproducirse normalmente. Para dosis relativamente altas de radiación, las alteraciones en la célula llegan a ser tan numerosas que es imposible repararlas, por lo que finalmente se inhabilita para reproducirse o muere. El efecto directo de mayor impacto de la radiación ionizante en seres humanos, es conocido como el síndrome agudo de radiación. [10]

Así pues, dependiendo de la dosis absorbida se presentan diversas manifestaciones en el organismo, por ejemplo:

- De 1 a 2 Gy podrían producir síntomas característicos de trastornos del sistema gastrointestinal, tales como anorexia, náuseas, vómito y diarrea, además de fatiga y debilidad.
- De 2 a 4 Gy comienzan a causar síntomas hematopoyéticos leves, ya que lesionan las células madre hematopoyéticas convirtiendo a la médula ósea en tejido radiosensible.
- En el rango de 4 a 7 Gy, se producen síntomas hematopoyéticos graves, con una rápida y profunda disminución de granulocitos, plaquetas circulantes y eritrocitos.
- De 7 a 15 Gy causan síntomas gastrointestinales, que típicamente no se observan entre los días 2 y 5 que corresponden al periodo latente, donde el paciente se siente bien. Sin embargo, tal exposición produce considerables lesiones en células epiteliales basales y rápida proliferación de las vellosidades intestinales y da lugar a la pérdida de la capa epitelial de la mucosa intestinal. El tiempo de cambio o denudación de células que tapizan el intestino delgado ser de 3-5 días; durante este recambio se produce pérdida de plasma y electrólitos, una mala absorción intestinal, ulceraciones, hemorragias intestinales, diarrea, deshidratación y pérdida de peso; en casos graves septicemias, ya que las bacterias endógenas invaden con facilidad la superficie anudada.
- Después de una exposición de más de 50 Gy provocan síntomas cardiovasculares y del sistema nervioso central. Este tipo de exposición suelen producir muerte en 1 o 2 días. Los escasos seres humanos que han

> sido expuestos a estos niveles presentaron colapso del sistema circulatorio, con un brusco descenso de la tensión arterial en horas anteriores al fallecimiento. La autopsia reveló necrosis del músculo cardiaco. Las víctimas pueden mostrar coma intermitente, incoordinación, desorientación y convulsiones que sugieren una lesión extensa del sistema nervioso. El síndrome es irreversible, puede tener una duración desde minutos hasta alrededor de 48 horas antes del fallecimiento. [10]

Así pues, los efectos que se producen como una consecuencia inevitable de la exposición a grandes dosis de radiación pero no ocurre con dosis inferiores al valor umbral necesario para destruir un número suficiente de células, son llamados **efectos no estocásticos** (o deterministas). Por el contrario, cuando una pequeña dosis de radiación absorbida es capaz de incrementar el riesgo de desarrollar neoplasias e inducir mutaciones o alteraciones cromosómicas (si los cambios en el DNA son incluidos en las células germinales) que conducen a efectos hereditarios se denominan **efectos estocásticos**. [11]

Entonces, la probabilidad de que ocurra un efecto depende de la dosis de radiación (Efecto No Estocástico). En contraste, la severidad del efecto es independiente de la dosis (Efecto Estocástico). [11]

Por lo tanto, cuando las dosis son bajas y los intervalos entre las exposiciones son prolongados, aparentemente las propias células del organismo permiten algún grado de reparación del daño en la célula injuriada, mientras que dosis grandes con períodos de tiempo cortos produce muchas injurias en las células inhibiéndose la reparación. [11]

En 1995, se publicó una revisión de los riesgos y lesiones inducidos por la radiación ionizante calculados en base a las exposiciones realizadas durante la radiografía dental: los principales riesgos descritos se relacionan con la aparición de cáncer radio inducido, fundamentalmente leucemia. También se han relacionado con otros tumores de cabeza y cuello originados en zonas expuestas al haz primario de radiación durante las exposiciones radiológicas: carcinoma de tiroides, carcinoma de esófago y diversos tipos de tumores salivales. Estas estimaciones del riesgo inducido por la radiación ionizante se han realizado en exposiciones individuales con dosis muy elevadas de radiación. Ahora bien, cada vez es más frecuente la publicación de estudios en los que múltiples exposiciones en exámenes radiológicos dentales se relacionan con un aumento en la frecuencia de aparición de cáncer en diferentes glándulas salivares y del encéfalo. [12]

Sin embargo, el uso médico de las radiaciones ionizantes está ampliamente recomendado por sus beneficios diagnósticos y terapéuticos. Aun cuando, tal uso implica ciertos riesgos para el hombre. Por lo que, su uso debe estar regido por medidas de protección, que aseguren un balance entre el beneficio y los riesgos, eliminando estos últimos para el personal ocupacionalmente expuesto. [5]

El conocimiento de esos riesgos, así como su diagnóstico y prevención, minimiza sus inconvenientes y optimiza la calidad y la seguridad de su empleo. Con el fin de proteger al hombre contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes sin disminuir los beneficios asociados con su aplicación en las diversas áreas de la medicina, es conveniente conocer y utilizar la radio protección que tiene como objetivo impedir la aparición de efectos no deseables en pacientes y en operadores. [13]

II.III Rayos X.

Lo rayos X no fueron desarrollados, sino descubiertos, y fue un descubrimiento accidental. Durante las décadas de 1870 y 1880 muchos laboratorios físicos universitarios estaban investigando la conducción de los rayos catódicos o electrones mediante un gran tubo de cristal evacuado parcialmente conocido como tubo de Crookes (en honor a Sir William Crookes, genio de origen inglés), este tubo fue el antecedente de los modernos tubos de rayos X. [1]

En 1895, Röentgen estaba trabajando en su laboratorio de física de la Universidad de Würzburg, en Alemania. Había dejado a oscuras su laboratorio y había rodeado completamente el tubo de Crookes con papel fotográfico negro para así poder ver mejor los efectos de los rayos catódicos en el tubo. Sucedió que en una estantería a pocos centímetros de distancia del tubo había una placa cubierta con platinocianida de bario (un material fluorescente). El papel negro que envolvía el tubo de Crookes evitó que escapara ninguna luz visible del tubo, pero Röentgen se dio cuenta de que la platinocianida de bario brillaba. Este brillo se denomina fluorescencia. Su reacción inmediata fue investigar esta “luz x”, como él la denominó. [1]

Röentgen presentó su trabajo “Acerca de un nuevo tipo de rayo” al presidente de la Sociedad Física Médica de Würzburg a finales de 1896 (el cual contenía la primer imagen de rayos X médica, era la mano de su mujer) y con éste posteriormente ganó el premio nobel de física. [1, 5]

Los tubos de rayos X son dispositivos en los que son acelerados electrones de alta energía cinética por un campo eléctrico en un vacío. Cuando los electrones golpean el ánodo del tubo son detenidos súbitamente y esto resulta en la emisión

de onda electromagnética en forma de rayos X. Sin embargo más del 90% de la energía que los electrones llevan al ánodo se convierte en calor. El 10% de la energía que se convierte en rayos X, se dirige a una película radio sensible atravesando el área de estudio. Para la radiografía de diagnóstico en tejidos blandos, se usan kilovoltajes (kVp) de 50. En radiología dental también se usan kilovoltajes relativamente bajos (50-70 kVp). Sin embargo la mayoría de los tubos de rayos X para la radiología médica, operan entre 60-150 kVp. [14, 15]

La diferencia en el kVp, es una forma simple de disminuir la cantidad de radiación empleada en la exploración radiológica. Sin embargo, 70 kVp son el valor ideal, por dos razones fundamentalmente:

1. En los equipos de radiología dental, tanto el miliamperaje como el kilovoltaje son valores fijos, pudiéndose variar únicamente el tiempo de exposición. En este sentido, el empleo de valores de kVp fijos de 70 estaría justificado, pues utilizar equipos con valores de kVp inferiores supondría tener que aumentar el tiempo de exposición para obtener una correcta emulsión fotográfica, y esto conllevaría a un aumento en las dosis de radiación. En este sentido, y asumiendo una calidad en el contraste radiográfico discretamente inferior con el empleo de 70 kVp, no sería necesario aumentar ese tiempo de exposición, lo que administraría menores dosis al paciente. Así, aunque la cantidad de radiación puede disminuir, incrementando el kVp, es un indicador poco fiable del total de dosis absorbida.

2. Aumentando el kVp por encima de 70 kVp se produce un espectro característico de radiación cada vez más alejado de la sensibilidad óptima de una película dental sin hoja de refuerzo. [14, 15]

Por otro lado, todos los aparatos de radiología intraoral funcionan con un solo valor de miliamperajes (mA) comprendidos entre 7mA y 12 mA, pero el 75.69% de los equipos funcionan con un miliamperaje de 8 mA, siendo ésta la recomendación oficial a emplear en instalaciones radiológicas. Aunque la dosis de radiación es importante, lo fundamental para el diagnóstico odontológico es la calidad de la imagen obtenida. [16,17]

II.IV Radiación en Odontología

La radiología dental comprende exámenes y exploraciones radiológicas relativamente sencillas, en donde el 90% de las exploraciones radiológicas corresponden a radiografías periapicales intraorales y en aleta de mordida. La radiología panorámica sería la segunda exploración en frecuencia, seguida por la radiografía oclusal, las radiografías de la articulación temporomandibular y de la telerradiografía para los estudios de cefalometría respectivos. [18, 19]

Sin embargo, aunque el número de exploraciones radiológicas es muy importante, las dosis de radiación utilizadas en el radiodiagnóstico dental son, si se consideran individualmente, dosis de radiación pequeñas. [1]

A pesar de todo, existen inquietudes y temores sobre las consecuencias de los niveles de radiación empleados en radiología dental posiblemente por la sinergia de diferentes situaciones y factores.

El Dr. Otto Walhoff (Alemán) realizó la primera radiografía dental 14 días después de que Röentgen anunciara su descubrimiento. Lo hizo efectuándola en su propio cráneo, con un tiempo de exposición de 25 minutos (obtuvo un resultado bastante defectuoso dada la escasa sensibilidad de la placa receptora). [1]

En América, el Dr. W. G. Worton fue el primero en obtener una radiografía dental, también en 1896 utilizando cráneos humanos desecados (un año después fue el primero en efectuar una radiografía de cuerpo entero). [1]

El Dr. Edmund Kells, tomó la primera radiografía intraoral; fue el primer dentista que utilizó la radiografía para procedimientos odontológicos y el primero en tomarla a un paciente vivo (en estas épocas era difícil lograr buenas radiografías debido a la variedad de gases contenidos dentro del tubo). La práctica recomendada del Dr. Kells era colocar la mano del operador entre el tubo y el fluoroscopio lo que dio lugar a la aparición de numerosas lesiones malignas. [1]

Aun cuando la cantidad de radiación a la que estamos expuestos con las radiografías dentales es muy pequeña en comparación con nuestra exposición diaria a otras fuentes como la radiación cósmica y a los elementos radiactivos de origen natural. La radiografía dental debe ser tomada sólo después de un examen completo y una historia clínica adecuada. Además, debe saberse si el paciente ha tenido exposiciones anteriores de rayos X y no deben hacerse de rutina en cada visita. [20]

Hay dos maneras comúnmente empleadas de referirse a la dosis de radiación en los exámenes radiológicos dentales: la dosis en la piel de la superficie del paciente, que se estima a partir del "kerma en aire en la superficie de entrada", y la dosis efectiva. [21]

La unidad del kerma en aire en la superficie de entrada es el gray (Gy), aunque en radiología dental los niveles de kerma son generalmente una pequeña fracción de un gray (miligray, mGy, o incluso microgray, µGy). La unidad de dosis efectiva es

el sievert (Sv). En la radiología dental las dosis efectivas son de fracciones de sievert (milisievert, mSv, o incluso microsievert, μSv). [1]

Los siguientes valores son una comparación aproximada de nuestra exposición a radiación por las radiografías dentales con la de otras fuentes diversas. [22]

Fuente	**Exposición Estimada (mSv)**
Artificial Radiografías dentales Radiografías de aleta de mordida Radiografía total de boca	 0, 038 0,150
Radiografías médicas • Radiografía del tracto gastrointestinal inferior • Radiografía del tracto gastrointestinal superior • Radiografía de torax	 4,060 2,440 0,080
Natural Radiación Cósmica (Espacio Ultraterrestre) Promedio de radiación del espacio ultraterrestre en Denver, CO (por año)	 0,510
Radiación Terrestre y Atmosférica Promedio en EE.UU. de radiación proveniente de fuentes naturales (por año)	3,000

Las dosis efectivas son las siguientes:

- Radiografía intraoral: 1 - 8 μSv;
- Radiografía panorámica: 4 - 30 μSv;
- Radiografía cefalométrica: 2 - 3 μSv. [22]

De igual manera, la filosofía de la norma europea sobre sistemas de calidad, documento EUR 16260 (CEC, 1996a), sugiere tomar como proyecciones radiográficas estándar las de cráneo, tórax, columna lumbar, pelvis, abdomen y mama, para el control de la dosis y la calidad de la imagen, con los valores de referencia establecidos en la siguiente tabla, en la cual se incluye también la radiografía dental intraoral. [13]

Tabla 1. Valores de referencia de la dosis al paciente

TIPO DE EXPLORACIÓN	DOSIS A LA ENTRADA DE REFERENCIA[1] (*mGy*)
ABDOMEN AP	10
COLUMNA LUMBAR AP/PA	10
COLUMNA LUMBAR LAT	30
COLUMNA LUMBO-SACRA LAT	40
CRÁNEO AP	5
CRÁNEO LAT	3
CRÁNEO PA	5
MAMOGRAFÍA	10
PELVIS AP	10
TÓRAX LAT	1,5
TÓRAX PA	0,3
DENTAL INTRAORAL PERIAPICAL	7

Así mismo, en México contamos con la Norma Oficial Mexicana NOM- 229- SSA 1-2002 sobre sistemas de calidad, en la cual se expone la siguiente tabla: [23]

NIVELES ORIENTATIVOS PARA DIAGNOSTICO MEDICO CON RAYOS X
A1. Radiografía.

Examen	**Dosis de entrada en superficie por radiografía * (mGy)**	
	AP	10
Columna vertebral lumbar	LAT	30
	ASL	40
Abdomen, urografía y colecistografía intravenosas	AP	10
Pelvis	AP	10
Articulación de cadera	AP	10
Tórax	PA	0.4
	LAT	1.5
Columna vertebral torácica	AP	7
	LAT	20
Dental	Periapical	7
	AP	5
Cráneo	PA	5
	LAT	3

PA = Proyección posteroanterior
LAT = Proyección lateral
ASL = Proyección de la articulación sacrolumbar
AP = Proyección anteroposterior [23]

Por lo tanto, podemos observar en las tres tablas que las dosis de los exámenes radiológicos dentales intraorales y cefalométricos son más bajas que los demás exámenes y por lo general inferiores a la correspondiente a la radiación natural de fondo de un día.

Sin embargo, muchos factores pueden influenciar en la dosis requerida para producir una imagen de buena calidad, como fue referido por Chadwick y Dummer, estos factores pueden incluir voltaje del tubo, tiempo de exposición, velocidad de la película e instalaciones de procesamiento. [1]

Desde 1919, en la radiografía intraoral, el método habitual de obtener una imagen, es la película radiográfica intraoral sin pantalla de refuerzo. Durante estos últimos años, han sucedido avances significativos en los tipos de películas rápidas ofertadas comercialmente, cabe destacar la película E-speed (Kodak®), que fue introducida en el mercado por primera vez en 1981 y presentaba las ventajas de reducir en un 50% la exposición a la radiación con respecto a su antecesora la película radiográfica Ultraspeed (Kodak®) que poseía una sensibilidad inferior (tipo D-speed). [24]

En 1995, Nesbit y cols., estimaron que una posible causa de la deficiente calidad de la imagen obtenida con la película E-speed, podría deberse al mal almacenamiento de ésta y a alteraciones en las condiciones del proceso de revelado. Así pues, se introdujo en el mercado una nueva película, la Ektaspeed (Kodak®), ésta presenta una disminución en el contraste y un aumento del velo superior a la D-speed, así como la existencia de un aumento en el granulado de la imagen. Poco tiempo después, se elaboró la película Ektaspeed Plus (Kodak®) que eliminó las deficiencias de su predecesora; mostrándose significativamente mejor a la hora de realizar un diagnóstico preciso de diferentes tipos de patología.[24] Posteriormete Kodak® incorporó al mercado la película Insight, clasificada como un película intraoral que cumple las normas ISO, de velocidad y sensibilidad E/F. Este tipo de película radiográfica presenta un 25 % más de

velocidad de emulsión que su predecesora. [25] En cuanto al tiempo de exposición cabe destacar que necesita un 49% menos que la película Ultraspeed. La reducción de la dosis de radiación resulta evidente con este tipo de película radiográfica, permitiendo obtener una calidad óptima de la imagen radiográfica gracias a su excelente grado de contraste. La propia casa comercial sitúa en un 60% de reducción la dosis de radiación que precisa esta película en odontología intraoral respecto de la anterior. [26]

Alrededor del 30% de las clínicas equipadas con sistemas convencionales todavía están utilizando la película de la velocidad D mientras que otros han cambiado a una película más rápida de velocidad E/F que podría reducir la exposición hasta el 50%, aunque el uso de una película de mayor velocidad no conduce siempre a reducir la dosis de la exposición. [24-26]

A partir del 2003, en Odontología se emitieron nuevas y mejores pautas para la protección del dentista contra las radiaciones. En estas pautas había una fuerte reafirmación de la necesidad de adherirse al principio ALARA introducido anteriormente por el Consejo Nacional para la Medición y Protección contra la Radiación de los Estados Unidos. El principio ALARA por sus siglas en inglés significa: “As Low As Reasonably Achievable” es decir “tan bajo como sea razonablemente posible”. Para lograr esto hay que cumplir tres criterios básicos: distancia, blindaje y tiempo, así a mayor distancia, menos radiación. A menor tiempo de exposición, menor irradiación y la creación de una barrera también disminuyen la radiación. [1, 27, 28]

La NRPB (National Radiological Protection Board) a partir del 2004, recomienda tomar como referencia que la dosis máxima de absorción sea de 4 miligray (mGy)

para una radiografía intraoral de molares mandibulares y de 65 mGy para una radiografía panorámica de adulto estándar. Estos valores de referencia se pueden utilizar como guía en la práctica clínica. [29]

Los odontólogos tienen la obligación profesional, moral y legal de mantener la radiación que reciban los pacientes y su personal tan baja como sea razonablemente posible. Por lo tanto, se recomienda que el odontólogo ejerza su profesión por lo menos utilizando la película (radiografía) más rápida que haya disponible. Por ejemplo, una película de velocidad F, que reduce la dosis en un 20%, comparada con la película de velocidad E, y un 50 % comparada con la de velocidad D. [26]

Sin embargo, la radiografía digital ha supuesto un gran avance en el campo de la radiología intraoral. Un sistema de imagen digital (Radiovisiografía), ofrece obtener una imagen radiográfica intraoral al instante. En estos últimos años, diferentes casas comerciales la han incorporado a sus promociones comerciales. Estos sistemas reducen el 80% aproximadamente en la dosis de radiación en comparación con las películas perapicales convencionales. [30]

La RVG (Trophy Radiologie, Vincennes), es el primer sistema de radiovisiografía que salió al mercado, éste utiliza sólo un 41 % de la dosis requerida para la misma exposición que una radiografía convencional con E-speed. [31]

II.V Radiación en Endodoncia

De acuerdo con la Asociación Dental Americana, las radiografías son comúnmente utilizadas en Endodoncia. Se necesitan antes, durante, e inmediatamente después de un tratamiento de conductos. Posteriormente, periódicamente para evaluar el

éxito o el fracaso de la terapia. Por lo tanto, se obtiene una exposición repetida a las dosis de radiación. [32]

No obstante, la interpretación de la radiografía es una herramienta crítica para determinar la presencia o ausencia de patología perirradicular. Bender y Seltzer han demostrado que lesiones óseas sólo pueden ser visualizados en radiografías si hay destrucción suficiente del hueso cortical por factores etiológicos, ya sea internos o externos. [33]

La radiografía digital se introdujo hace más de 20 años. Las ventajas de esta tecnología en comparación con las radiografías convencionales incluyen menor dosis de radiación para capturar la imagen, la imagen está inmediatamente disponible para la interpretación, capacidad de archivar imágenes, imágenes que son fácilmente compartidas y un programa informático que permite la manipulación de varias propiedades radiográficas; tales como el contraste, el brillo y la nitidez. [34, 35]

Desde su introducción, el uso de la radiografía digital se ha incrementado debido a que la tecnología ha mejorado y el costo se ha reducido. Algunos estudios han demostrado que las radiografías digitales son igual de precisas que las radiografías convencionales en la detección de lesiones periapicales. [36, 37]

Recientemente, las imágenes digitales se compararon con las radiografías de velocidad D para la detección de lesiones óseas artificiales, y se concluyó que las imágenes digitales fueron significativamente mejores en la detección de las lesiones artificiales. [38]

En 2009 más del 70% de los endodoncistas informó que estaban usando un sistema de radiografía digital, esta nueva tecnología ha ido mejorado la capacidad

del clínico para interpretar la imagen y hacer un adecuado diagnóstico. [32] Según Tewary y cols., no leemos las radiografías; las interpretamos. Informaron que la interpretación podría ser influenciada por una variedad de factores y variables. Las variables incluida la formación y experiencia del examinador, las condiciones en que la radiografía fue observada, y el tipo y la configuración del sistema de rayos X utilizado para tomar la radiografía. Si la interpretación no es correcta, entonces el diagnóstico podría ser incorrecto. [38]

Durante el tratamiento de endodoncia se requiere un número de radiografías:

1. Evaluación preoperatoria complementada con historia clínica
2. Determinación de la longitud de trabajo en diferentes ángulos en el caso de dientes con raíces múltiples
3. Obturación
4. Para fines de revisión y de supervisión

Entre otras, que pueden ser necesarias para un óptimo resultado del tratamiento. Sobre todo si debemos repetir las radiografías tomadas, en particular por practicantes inexpertos, esto potencialmente conduce a una mayor exposición a los rayos X para el paciente y para el operador. [39, 40]

Sin embargo, actualmente existen alternativas para disminuir la dosis de radiación. Por ejemplo, en la etapa de determinación de la longitud de trabajo, podemos utilizar aparatos como el localizador apical. El concepto de medir la longitud del conducto radicular eléctricamente como parte del tratamiento de conductos, se informó por primera vez hace más de 30 años. [41] Estos dispositivos dependen de la relación de dos impedancias eléctricas entre un electrodo en contacto con la mucosa oral y uno pasado a través de un conducto radicular en contacto con el

ligamento periodontal. [42] Se ha estudiado a profundidad su precisión para localizar el foramen apical y han resultado ser muy efectivos. [43, 44]

Por otro lado, hoy en día están disponibles diversas modalidades de imágenes digitales que como se menciona anteriormente, contribuyen en la disminución de radiación en Endodoncia. [45] Estas incorporan sensores de estado sólido que utilizan tecnología, tal como el dispositivo de carga acoplada (CCD), semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS), o de fósforo fotoestimulable (PSP), como lo que se utiliza en máquinas de escáner. Los sensores de estado sólido intraorales de primera generación utilizan la tecnología CCD. Numerosos inconvenientes existían con estos sensores. Los sistemas disponibles en la actualidad han trabajado estos inconvenientes, que incluyen, entre otros, un área activa relativamente más pequeña, menor absorción y la eficacia de conversión de la radiación. [45] Estos sensores de estado sólido utilizan una matriz de elementos sensibles a la radiación o sensibles a la luz que cuantificar la intensidad de la radiación ionizante (de rayos X o luz). Estas lecturas se transfieren luego a un convertidor de analógico al digital. Una vez digitalizada, estas señales se convierten en señales de nuevo analógicas para su visualización en el monitor. Para mejorar la eficiencia del sensor y reducir la dosis de radiación, se añade a la superficie de la matriz de detectores una capa de centello (emisión de fotones producida por un medio fluorescente cuando es atravesado por una radiación ionizante) para facilitar la conversión de los rayos X ionizantes a la luz. Esta capa se pinta en el chip CCD y se coloca sobre el CCD con acoplamiento de fibra óptica. Los tamaños del sensor varían y están disponibles en tamaños que se aproximan a los de # 0, 1, 2 de una película intraoral. [41]

Los sensores basados en CMOS también se utilizan para la adquisición de imágenes similares. Recientemente se han desarrollado adiciones en los componentes que incluyen un sensor activo de píxeles (APS). El sensor tiene un transistor activo en cada ubicación de elemento. Se utiliza menos energía y la fabricación es menos costosa. Además, el sistema de circuitos está integrado en el sensor. Las desventajas incluyen un mayor ruido de patrón fijo y el área activa más pequeña debido a los circuitos integrados. También están disponibles sensores inalámbricos. En diversos estudios, la calidad de la imagen de los CMOS y los CCD de generaciones anteriores no ha mostrado diferencias en la capacidad de diagnóstico. [41]

Los recientes avances en la tecnología de sensores han dado como resultado la generación de alta resolución imágenes. La resolución espacial se expresa generalmente en términos de pares de líneas por milímetro (lp/mm). La película tiene una resolución de 16 lp/mm, que aumenta a aproximadamente 20 a 24 lp/mm con magnificación. Las nuevas generaciones de sensores de estado sólido tienen similar o incluso ligeramente mayor resolución espacial. Sin embargo, la selección de los sensores no se hace con base en sólo una resolución espacial, la tarea de diagnóstico asume importancia aquí. Pequeñas diferencias en la resolución espacial no lo hacen causar una diferencia apreciable en la eficacia diagnóstica. [45]

Posteriormente, a mediados de la década de 1980, se introdujeron sensores de PSP, disponible para radiografía intraoral, panorámica y cefalométricas. [1]

A las imágenes de PSP también se les conoce como radiografía computarizada (CR). Los dispositivos son delgados y/o inalámbricos. Las imágenes se pueden

borrar mediante la exposición del sensor a una intensa luz blanca. Los problemas asociados para esta tecnología incluyen el alto potencial para el daño físico como ralladuras y el borrado incompleto de imágenes, lo que resulta en imágenes fantasma. Los sensores son relativamente baratos, la resolución es ligeramente menor. Sin embargo, para la mayoría de tareas de diagnóstico en endodoncia, los sensores de PSP han demostrado ser tan buenos como los sensores de CCD/CMOS. [1]

Por otro lado, desde hace varios años ha ido en aumento el uso de conos de tomografía computarizada con rayo (CBCT) en radiología dental y endodóntica. Esto ha llevado a un creciente interés y preocupación por la exposición a la radiación inducida por los escáneres CBCT. Los cuales maximizan la calidad de imagen. Sin embargo, aún no son comúnmente utilizados durante la práctica cotidiana. [46-49]

II.VI Medición de radiación

Antiguamente la exposición a la radiación se medía en roentgens. Para medir la concentración de la radiación de tejidos se utiliza el Rad por sus siglas en inglés (Radiation Absorved Dose) que equivale al depósito de 100 ug de energía en un gramo de materia. La interacción inicial entre la radiación y la materia se produce a nivel molecular en los primeros diez segundos inmediatos a la exposición. [1]

Para la evaluación de la calibración de los instrumentos y de las dosis de radiación, se utilizan medidores de ésta, que normalmente miden la dosis a la que está expuesto el personal que labora, o que permanece en las zonas en que existe riesgo de irradiación. De acuerdo con el principio de funcionamiento pueden

ser: de cámara de ionización, de película fotográfica o de termoluminiscencia. [1] A estos últimos se les conoce como dosímetros termoluminiscentes y son los más utilizados, debido a que pueden almacenar información, a causa de la exposición a la radiación. De modo que esta información se recupera cuando el dosímetro se somete a un calentamiento continuo dentro de un intervalo específico para recuperar, por medio de luz la respuesta a la irradiación a la que fue expuesto y listo para ser reutilizado de nuevo. [1, 50] La dosimetría termoluminiscente está basada en las propiedades que tienen algunos materiales de producir termoluminiscencia; es decir, emiten luz cuando se someten a una fuente calorífica y su respuesta es dependiente de la dosis de radiación a la que son expuestos. [1, 50] Los dosímetros están elaborados en base a compuestos químicos como el fluoruro de litio, calcio, borato de litio, sulfato de calcio o de bario y óxido de aluminio o de circonio. En función de las aplicaciones se producen en forma de cuadros, discos, cilindros o polvo. Así pues, el objetivo de la dosimetría es la detección, análisis y cuantificación de la intensidad de radiación a que se ha sometido un organismo, por medio de la lectura termoluminiscente, que es el proceso de medición de la luz o brillo emitida cuando un dosímetro termoluminiscente es calentado dentro del equipo lector termoluminiscente. [1, 50]

Las recomendaciones para el uso del dosímetro personal son las siguientes:

- Los dosímetros deben llevarse puestos durante toda la jornada laboral y es conveniente colocarlos después de la misma en el tablero correspondiente, dispuesto para ser guardados y protegidos de posibles irradiaciones.
- El dosímetro debe colocarse en un lugar representativo de la parte más

expuesta del cuerpo, generalmente en el tórax.

- Un dosímetro personal nunca debe ser deliberadamente expuesto cuando no lo lleva puesto el usuario. En el caso de que un dosímetro sea irradiado accidentalmente, inmediatamente debe darse cuenta al encargado para que dicho dosímetro sea reemplazado. Los dosímetros no deben utilizarse durante exposiciones no-ocupacionales, tales como las radiografías tomadas al mismo usuario.

Cabe recordar que el dosímetro personal es un instrumento de medición y que como tal debe ser objeto de ciertos cuidados. Debe tenerse en cuenta que la película dosimétrica puede ser afectada por el calor y la humedad muy excesivos, así como por gases y vapores químicos de diferentes tipos, los que pueden influir en los resultados.

Para la mayor eficacia de la dosimetría es necesario que los usuarios se responsabilicen por el cuidado y buen uso del dosímetro, y que se realice el cambio mensual de película sensible en las fechas preestablecidas. [1, 50]

La observación de los límites anuales de dosis constituye una medida fundamental en la protección frente a las radiaciones ionizantes. [1] Los límites de dosis son valores que nunca deben ser sobrepasados y que pueden ser rebajados de acuerdo con los estudios de optimización adecuados y se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa e interna en el periodo considerado. Como se mencionó anteriormente, sabemos que la dosis de radiación tiene como unidad de medida el rad (Gy_t), la exposición a la radiación se mide en roentgen (Gy_a). Cuando la exposición está dirigida a técnicos en radiología o a cualquier personal ocupacionalmente expuesto, la unidad utilizada es el rem (Sv). El rem es la unidad

de dosis efectiva y se utiliza para propósitos de radioprotección. La dosis (rad, Gy_t) mide la energía de radiación absorbida como resultado de una exposición a radiación. La dosis efectiva (rem, Sv) identifica el efecto biológico perjudicial de la energía radiactiva absorbida. [1]

Los límites de dosis actualmente en vigor, están referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM- 229- SSA 1-2002. El cual, es un documento que contiene los requisitos técnicos específicos para las instalaciones y responsabilidades sanitarias. Así como también, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.[23]

Así mismo, existe un Reglamento General de Salud Radiológica, en éste se hace referencia a la protección de personas ocupacionalmente expuestas (POE), como personas en formación o estudiantes y pacientes. También están establecidos límites y medidas de protección especial para determinados casos como mujeres embarazadas y en periodo de lactancia y exposiciones especialmente autorizadas, tales como exposiciones en niño. [29]

Así pues, el límite de dosis recomendado para personal de radiología o cualquier personal ocupacionalmente expuesto (POE) es de 50 mSv/año (5.000mrem/año). La exposición profesional a la radiación del personal con actividades generales con rayos X (ejemplo, endodoncistas) no debería exceder normalmente de 1 mSv/mes (100mrem/mes). [23, 29]

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Endodoncia, rama de la Odontología que se ocupa de la etiología, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades de la pulpa dental, de los conductos radiculares y de sus complicaciones apicales, utiliza como medio auxiliar la Radiología, especialidad sin la cual se haría casi imposible su práctica, y donde los rayos X son una forma de radiación ionizante y penetrante que afecta los tejidos vivos mediante un proceso que causa que las células estables queden eléctricamente desbalanceados causando evolución anormal o la muerte de la célula.

Los efectos ionizantes se producen proporcionalmente a la cantidad de la radiación absorbida (energía) y a la radiosensibilidad de las células que la absorben. Existe una relación segura entre la cantidad de rayos absorbidos y los efectos nocivos. Con frecuencia esta relación es directamente proporcional. Incluso pequeñas cantidades de radiación, como las que se emplean en radiodiagnóstico, pueden ejercer a la larga un efecto nocivo si se repiten con frecuencia.

Las radiaciones ionizantes pasan desapercibidas y como “no se sienten” en el momento de su interacción con el ser viviente, generan una falsa sensación de seguridad. Por lo que, es necesario conocer la cantidad de radiación ionizante a la que está expuesto el personal durante el trabajo cotidiano y desde el enfoque ocupacional plantearnos la siguiente pregunta:

¿Cuál será la cantidad de radiación ionizante realmente absorbida por el personal de la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS en un periodo determinado?

IV. JUSTIFICACIÓN

La dosis de radiación es una medida de la cantidad de energía absorbida por algo o alguien cuando se expone a los rayos X.

La mayoría de los rayos X que se usan para hacer diagnósticos (por ejemplo, las radiografías dentales) no genera una exposición de radiación ionizante tan alta como para poner en peligro al organismo. Sin embargo, aun cuando la cantidad de radiación a la que estamos expuestos con las radiografías dentales es muy pequeña en comparación con nuestra exposición diaria a otras fuentes como la radiación cósmica y a los elementos radiactivos de origen natural, sabemos que pequeñas cantidades de radiación pueden ejercer a la larga un efecto nocivo si se repiten con frecuencia.

La exposición de radiación ionizante inadecuada del personal de salud y pacientes puede ser producida por diversos factores como un equipo radiológico defectuoso u obsoleto, un diseño y blindaje inadecuado de las instalaciones o una inadecuada protección del personal ocupacionalmente expuesto. Es preciso pues, protegerse de una forma eficaz contra el efecto de pequeñas irradiaciones cotidianas.

Por lo que, es importante conocer y evaluar la cantidad de radiación ionizante absorbida por el personal de la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS y determinar si estos están en riesgo de que al absorber dichas radiaciones éstas puedan causar efectos nocivos en su organismo. Con la finalidad de crear conciencia de que el uso de rayos X debe estar regido por medidas de protección, que aseguren un balance entre el beneficio y los riesgos, eliminando estos últimos para el personal ocupacionalmente expuesto.

V. OBJETIVOS

V.I Objetivo General

Conocer la radiación absorbida del personal ocupacionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes generadas por el aparato de rayos X en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS.

V.II Objetivos Específicos

- Determinar el grado de riesgo emitido por radiaciones ionizantes al cual está ocupacionalmente expuesto el personal de la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS.
- Plantear alternativas viables de solución para el control de emisión de radiaciones ionizantes generadas por los equipos a los cuales está expuesto el personal de la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS.

VI. TIPO DE ESTUDIO.

Observacional, longitudinal y prospectivo.

VII. MATERIAL Y MÉTODO

Participaron diez personas ocupacionalmente expuestas (POE), laborando en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, de los cuales ocho son alumnos de endodoncia, un maestro y un instrumentista (cinco hombres, cinco mujeres). Se incluyó al maestro y a la instrumentista debido a su estrecha colaboración con los alumnos de endodoncia durante los procedimientos en la clínica.

Todos los sujetos fueron informados del propósito y procedimiento de los experimentos, se les proporcionó un consentimiento informado escrito, el cual firmaron al estar de acuerdo antes de colaborar en el estudio.

Se utilizó el aparato de rayos X Electronic X-ray Timer-ETX marca Trophy, tipo: IRIX 70N activado a un kilovoltaje fijo de 70 kVp con un tiempo de exposición de 0.12 segundos en cada disparo para toma radiográfica periapcial digital con la ayuda del Radiovisiógrafo Kodak®.

Del total de los POE (10), sólo 7 tomaron como máximo 20 radiografías por día, las cuales eran anotadas en una tabla diseñada para su efecto, una vez que el aparato de rayos X emitía el disparo al ser activado. (Anexo 1) Los otros 3 POE sólo permanecían circulando dentro del área de radiación sin activar el aparato de rayos X (un maestro, una instrumentista y una alumna embarazada).

Para la medición de radiación, se utilizaron diez dispositivos portátiles llamados dosímetros InLight con tecnología OSL (Luminiscencia por estimulación óptica), los cuales fueron aportados y leídos por la empresa ALSA Dosimetría, S. de R.L. de C.V. y Asesores de Radiaciones ARSA S.A. para monitorear los niveles diarios de exposición. Éstos se colocaron en el lado superior izquierdo del pecho de cada personal ocupacionalmente expuesto. Los dispositivos fueron entregados diariamente durante 3 meses a cada uno de los sujetos al inicio de la práctica clínica y al finalizar la jornada laboral (4h ± 30min) eran devueltos al responsable de los dosímetros para su resguardo.

Los dispositivos fueron cambiados por nuevos cada mes por la empresa ALSA dosimetría, siendo identificados con colores en la portada de la siguiente manera: color blanco para el 1er mes, color rosa para el 2do mes y verde para el 3er mes. Al regresar los dosímetros para su evaluación de dosis, la empresa los colocó en un equipo de lector donde fueron iluminados con luz, esta luz hace que algunos de los electrones atrapados regresen a su estado base, ésta es registrada por un tubo fotomultiplicador. Esa fue la medida de cantidad de radiación que recibió el dosímetro. Los datos (reportes) de exposición (informes de dosimetría) por mes y la proporción a la dosis total anual acumulada (mSv) fueron entregados por la empresa responsable en tablas.

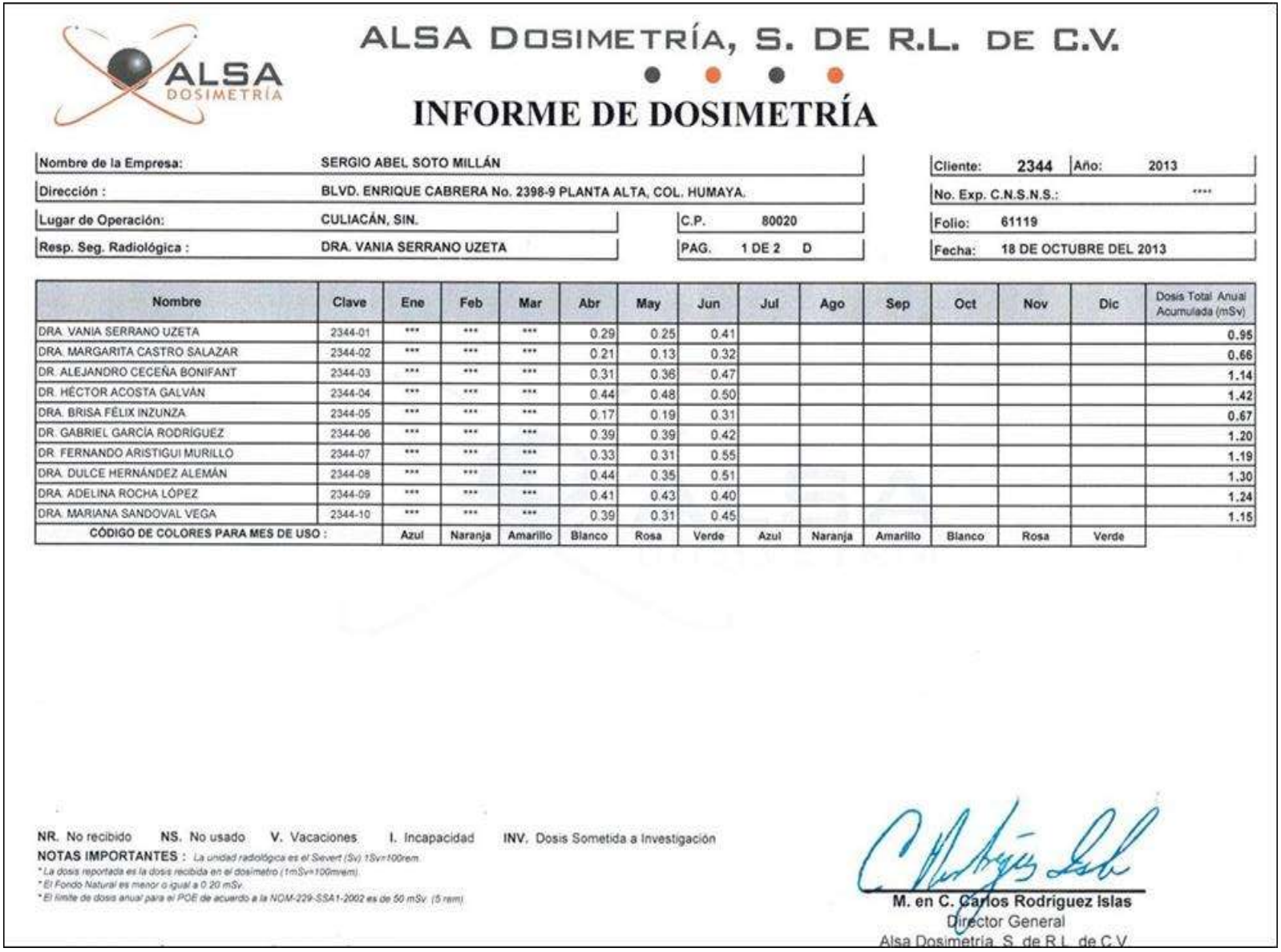
Los valores obtenidos se compararon con los establecidos en la NOM- 229- SSA 1-2002 para determinar el nivel de radiación absorbida por el personal ocupacionalmente expuesto de la clínica de Endodoncia de la UAS.

VIII. RESULTADOS

El informe de las tablas de anotación de radiografías tomadas muestra los resultados de aproximadamente 60±15 radiografías por día. De las cuales cada operador tomó entre 15±10 radiografías al día. A la semana se registró un total de 160 a 220 radiografías aproximadamente. Por mes, fueron tomadas 654 radiografías el 1er mes, 648 radiografías el 2do mes y 545 radiografías el 3er mes. Dando un total de 1,847 radiografías en tres meses.

El informe de dosimetría reporta que las dosis recibidas por mes fueron de 0.17 mSv para el más bajo y 0.44 mSv para el más alto en el 1er mes, en el 2do mes fueron de 0.13 mSv para el más bajo y 0.48 mSv para el más alto. Durante el 3er mes fueron de 0.31 mSv para el más bajo y 0.55 mSv para el más bajo. 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. Como se muestran en la figura 1 y 2.

Figura 1. Gráfica de dosis mensual por tres meses



ALSA DOSIMETRÍA, S. DE R.L. DE C.V.

INFORME DE DOSIMETRÍA

Nombre de la Empresa:	SERGIO ABEL SOTO MILLÁN	Cliente: 2344	Año: 2013
Dirección :	BLVD. ENRIQUE CABRERA No. 2398-9 PLANTA ALTA, COL. HUMAYA.	No. Exp. C.N.S.N.S.:	****
Lugar de Operación:	CULIACÁN, SIN. C.P. 80020	Folio:	61119
Resp. Seg. Radiológica :	DRA. VANIA SERRANO UZETA PAG. 1 DE 2 D	Fecha:	18 DE OCTUBRE DEL 2013

Nombre	Clave	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Dosis Total Anual Acumulada (mSv)
DRA. VANIA SERRANO UZETA	2344-01	***	***	***	0.29	0.25	0.41							0.95
DRA. MARGARITA CASTRO SALAZAR	2344-02	***	***	***	0.21	0.13	0.32							0.66
DR. ALEJANDRO CECEÑA BONIFANT	2344-03	***	***	***	0.31	0.36	0.47							1.14
DR. HÉCTOR ACOSTA GALVÁN	2344-04	***	***	***	0.44	0.48	0.50							1.42
DRA. BRISA FÉLIX INZUNZA	2344-05	***	***	***	0.17	0.19	0.31							0.67
DR. GABRIEL GARCÍA RODRÍGUEZ	2344-06	***	***	***	0.39	0.39	0.42							1.20
DR. FERNANDO ARISTIGUI MURILLO	2344-07	***	***	***	0.33	0.31	0.55							1.19
DRA. DULCE HERNÁNDEZ ALEMÁN	2344-08	***	***	***	0.44	0.35	0.51							1.30
DRA. ADELINA ROCHA LÓPEZ	2344-09	***	***	***	0.41	0.43	0.40							1.24
DRA. MARIANA SANDOVAL VEGA	2344-10	***	***	***	0.39	0.31	0.45							1.15
CÓDIGO DE COLORES PARA MES DE USO :		Azul	Naranja	Amarillo	Blanco	Rosa	Verde	Azul	Naranja	Amarillo	Blanco	Rosa	Verde	

NR. No recibido NS. No usado V. Vacaciones I. Incapacidad INV. Dosis Sometida a Investigación

NOTAS IMPORTANTES : *La unidad radiológica es el Sievert (Sv) 1Sv=100rem*

** La dosis reportada es la dosis recibida en el dosímetro (1mSv=100mrem).*

** El Fondo Natural es menor o igual a 0.20 mSv.*

** El límite de dosis anual para el POE de acuerdo a la NOM-229-SSA1-2002 es de 50 mSv. (5 rem).*

M. en C. Carlos Rodríguez Islas
Director General
Alsa Dosimetría, S. de R.L. de C.V.

Figura 2. Informe de Dosimetría por mes y dosis total acumulada en tres meses.

IX. DISCUSIÓN

Sabemos que la exposición de radiación ionizante inadecuada es posible en el personal ocupacionalmente expuesto, ésta se produce por diversos factores como un equipo radiológico defectuoso u obsoleto, diseño y blindaje inadecuado de las instalaciones radiológicas, inadecuada protección del personal, el desconocimiento del personal de odontología de las normas de protección radiológica. [1]

La rapidez con la cual se absorbe la radiación es importante en la determinación de los efectos, una dosis dada producirá menos efecto si se suministra fraccionada, en un lapso mayor, que si se aplica en una sola exposición. Esto se debe al poder de restauración del organismo; sin embargo hay que tomar en cuenta que esta recuperación no es total y siempre queda un daño acumulativo. [3, 4]

Por esto, el personal implicado en áreas de la salud que requieran de toma de radiografías debe organizarse y prepararse para asegurar que las imágenes producidas tengan una calidad suficientemente elevada que permita obtener en todo momento la información diagnóstica adecuada, con la mínima exposición a radiación posible. Parte de estas observaciones constituyen la definición de “programa de garantía de calidad” de la Organización Mundial de la Salud (OMS) desde 1984. [5, 9, 11]

El profesionalmente expuesto a radiación ionizante debería estar protegido en la exposición con rayos X, y para ello se necesita de dispositivos que permitan

realizar el disparo desde lugares protegidos, y/o distancias mayores de 2 metros. La situación ideal sería disponer de disparadores fijos ubicados fuera de la sala de exposición. [5]

Desde 1995, la Unión Europea insiste mediante diferentes directrices en la necesidad prioritaria de reducir la dosis de radiación administradas a los pacientes, y al personal ocupacionalmente expuesto, las cuales establecieron en un Real Decreto 2071/1995, con carácter de Norma Básica Sanitaria, por el cual se ven “obligados” todos los propietarios responsables de instalaciones radiológicas dentales a realizar anualmente un control de calidad de dichas instalaciones. [13]

De igual manera, en México se decreta la Norma Oficial Mexicana NOM- 229-SSA 1-2002. Dónde se establece que para el personal ocupacionalmente expuesto (POE), el límite del equivalente de dosis efectiva anual para los efectos estocásticos es de 50 mSv/año (5.000 rem). Para los efectos deterministas (no estocásticos) es de 500 mSv (50.000 rem) independientemente de si los tejidos son irradiados en forma aislada o conjuntamente con otros órganos. Las mujeres ocupacionalmente expuestas que se encuentren embarazadas sólo podrán trabajar en condiciones donde la irradiación se distribuya lo más uniformemente posible en el tiempo y que la probabilidad de que reciban un equivalente de dosis anual mayor de 15 mSv (1.5 rem) sea muy baja. [23]

Esto sustentado por varios autores y estudios, que demuestran que algunos órganos como la glándula tiroides están frecuentemente expuestos a la radiación

dispersa y ocasionalmente al haz primario de radiación durante la exposición dental. Aun cuando se ha demostrado que las dosis gonadales recibidas no son significativamente diferentes con el uso o no de delantales plomados en exploraciones dentales. [10, 12] Es necesario utilizar protección, tanto para dicha glándula, como para el resto del organismo y así disminuir a la mitad la dosis de radicación absorbida durante la exposición dental. [12]

Al utilizar materiales de protección personal en endodoncia, contribuimos a que la suma de las dosis recibidas (dosis total anual acumulada) procedentes de todas las prácticas pertinentes no sobrepase los límites de dosis establecidos en la legislación vigentes para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público. [14, 18]

Estamos de acuerdo con todo lo anterior. Aun cuando nuestros resultados de las dosis individuales acumuladas demuestran que un mes, el registro más alto de un sujeto fue de 0.55 mSv y en tres meses de exposición, la dosis más alta fue de 1.42 mSv. Debemos aclarar que la medición del tiempo de exposición en este estudio, fue un periodo corto, pues lo ideal es realizar el registro de medición durante un año completo. Por lo que, si realizamos la proporción de dosis absorbida por mes cada sujeto registrará una dosis de 0.47 mSv aproximadamente, por 12 meses da como resultado 5.64 mSv al año. Esto quiere decir, que el límite de radiación absorbida por el POE de la clínica de endodoncia de la UAS se encuentra ligeramente por debajo de la dosis límite permitida al año. Pues el límite de dosis recomendado para personal de radiología o cualquier personal ocupacionalmente expuesto (POE) sea de 50 mSv/año (5.000mrem/año).

Y la exposición profesional a la radiación del personal con actividades generales con rayos X (ejemplo, endodoncistas) no debería exceder normalmente de 1 mSv/mes (100mrem/mes). [23] Sin embargo, concordamos con otros autores en que toda persona expuesta a radiación deberá mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible.

X. CONCLUSIÓN

Los valores obtenidos en las mediciones de este estudio, en comparación con los establecidos en la NOM- 229- SSA 1-2002 determinan que la radiación absorbida por el personal ocupacionalmente expuesto de la clínica de Endodoncia de la UAS está por debajo del límite de dosis anual. Pues el límite total anual de los diez sujetos (POE), la suma de las dosis recibidas (dosis total anual acumulada) en los tres meses la más baja fue de 0.66 mSV y la más alta fue de 1.42 mSv.

Por lo que, concluimos que el POE de la clínica de Endodoncia de la UAS está fuera de riesgo o daño al organismo debido a exposición de radiación ionizante. Sin embargo, sabemos que es indispensable la utilización protección radiológica durante la activación de los rayos X, como medida preventiva fundamental y asegurar así que la dosis de radiación absorbida sea lo más baja posible.

Hemos encontrado pocas referencias bibliográficas sobre los aspectos de control de calidad en instalaciones de radiodiagnóstico dental en nuestro país. La poca información en la literatura científica mexicana sobre la situación actual de la radiología dental intraoral, nos hace pensar que es necesario realizar más estudios relacionados con el tema para autoevaluarnos y mejorar así la realidad radiológica dental en nuestro país.

XI. REFERENCIAS BIBILOGRÁFICAS

1. Bushong S.C. Manual de Radiología para técnicos. 2011; 9ª edición. Editorial Elsevier
2. Theodor Warnich Jensen T.W., Turek T. Improved Radiography in Endodontic practice: A Procedure and an Instrument. J Endod 1978; 4:3:82-87
3. Torabinejad M, Dan|or|h R, Andrews K, Chan C. Absorbed Radiation by Various Tissues during Simulated Endodontic Radiography. J Endod 1989; 15:6: 249-253
4. Cascón A. Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. Rev Argent Cardiol 2009; 77: 123-128.
5. Jodar S, Alcaraz M, Martínez-Beneyto Y, Pérez L, Velasco E, López M. Manejo de las radiaciones ionizantes en instalaciones dentales españolas: intraorales y panorámicos. *Av. Odontoestomatol* 2005; 21-1: 361-370.
6. Raimundo Padrón E., Jiménez Arrechea J.A. Utilización de las radiografías en los tratamientos de endodoncia en la embarazada. Rev Cubana de Estomatol 2000; 37:2:106-11
7. Ramírez, Augusto. Tercerización del trabajo y sobreexposición a radiación ionizante en postulantes a services de minería. Anales de la Facultad de Medicina 2002; 291-300.
8. Attix F.H. Introducction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, John Wiley & Sons. USA 1986.

9. Castanedo, Juan PabloLepe, Verónica; Gordillo, Antonio; Moncada, Benjamín. Dosis de radiación ultravioleta en escolares mexicanos. *Salud Pública de México*, noviembre-diciembre. 2003; 439-444.
10. Germán Piña Villalpando. Informe de seguridad radiológica. Model JS-10000. 2005. México
11. ININ. Curso avanzado de protección radiológica nivel encargado de seguridad. 2007. México. Capítulo 8, pag.212
12. Adaptado de Frederiksen NL. X-Rays: What is the Risk? Texas Dental Journal. 1995; 112:2:68-72.
13. European Union. Council Directive 97/43 Euratom, on health protection of individuals against the danger of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directiva 84/466 Euratom. Official Journal of the European Communities No L 180, 9th July 1997:22-7.
14. Horner K. Review article: radiation protection in dental radiology. Br J Radiol 1994; 67: 1041-49.
15. Rushton VE, Horner K. The impact of quality control on radiography in general dental practice. Br Dent J 1995; 7: 179:7: 254-61.
16. Brown JE. Advances in dental imaging. Prim Dent Care 2001; 8:2:59-62.
17. Yakoumakis EN, Tierris CE, Stefanou, EP, Phanourakis IG, Oroukakis CC. Image quality assessment and radiation doses in intraoral radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001; 91: 362-8
18. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International

Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. J Am Dent Assoc 2008; 139:1237-43.

19. Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. J Endod 2009; 35: 35–9.
20. American Dental Association. Recent study questions safety of dental x-rays, April 10, 2012. http://www.ada.org/6972.aspx. Acceso: agosto, 2013.
21. Farrier S.L, Drage N.A, Newcombe R.G., Hayes S.J. & Dummer P.M.H. A comparative study of image quality and radiation exposure for dental radiographs produced using a charge-coupled device and a phosphor plate system. Int Endod J. 2009; 42:900–907.
22. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the ICRP. ICRP publication 103. Ann ICRP 2008; 37:2-4.
23. NORMA Oficial Mexicana NOM- 229- SSA 1-2002. Disponible en: http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/229ssa102.pdf
24. Geist JR, Katz JO. Radiation dose-reduction techniques in North American dental schools. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 93:4: 496-505
25. Hadley DL, Replogle KJ, Kirkam JC, Best AM. A comparison of five radiographic systems to D-speed film in the detection of artificial bone lesions. J Endod 2008; 34:1111–4.

26. Boscolo FN, Oliveira AE, Almeida SM, Haiter CF, Haiter Neto F. Clinical study of the sensitivity and dynamic range of three digital systems, E-speed film and digitized film. Brazilian Dental Journal. 2001; 12:191–5.
27. Úbeda A., Martínez M.A., Cid M.A., Chaco L., Trillo M.A., Leal J. Assessment of occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields in hospital personnel. Bioelectromagnetics 2011; 32:378–87.
28. Wenzel A. Computer-aided image manipulation of intraoral radiographs to enhance diagnosis in dental practice: a review. International Dental Journal. 1993; 43: 99–108.
29. Radiation Protection: A Memoir of the National Radiological Protection Board. ISBN 978-0-85951-586-3.The NRPB Era. Journal of Radiological Protection. 2010; vol 30, pp 85-92
30. Mouyen F, Benz C, Sounabend E, Lodter J. Presentation and physical evaluation of radiovisiography. Oral Surg 1989; 68:238-42.
31. Lavelle CLB, Wu C-J. .Digital radiographic images will benefit endodontic services. Endod Dent Traumatol 1995; 11:253-60.
32. http://www.ada.org/ Acceso: septiembre 2013.
33. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: part I. J Am Dent Assoc 1961; 62:152–60
34. Cederberg RA, Tidwell E, Frederiksen NL, Benson BW. Endodontic working length assessment. Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology & Endodontics. 1998; 85:325–8

35. van der Stelt PF. Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. Journal of the American Dental Association. 2005; 136: 1379–87
36. Yokota ET, Miles DA, Newton CW, Brown CE. Interpretation of periapical lesions using radiovisiography. J Endod 1994; 20:490–4.
37. Folk RB, Thorpe JR, McClanahan SB, Johnson JD, Strother JM. Comparison of two different direct digital radiography systems for the ability to detect artificially prepared periapical lesions. J Endod 2005; 31:304–6.
38. Tewary S, Luzzo J, Hartwell G. Endodontic Radiography: Who Is Reading the Digital Radiograph? J Endod 2011; 37:919–921.
39. Scarfer. Radiation risk in low-dose maxillofacial radiography. Oral surg, Oral pathol, Oral med, Oral endod 2012; 114:3:277-280
40. Kim D.W., Choi J.L., Kwon M.K., Nam T.J & Lee S.J. Assessment of daily exposure of endodontic personnel to extremely low frequency magnetic fields. Int Endod J. 2012; 45:744–748.
41. Yousef Saad A, Al-Nazhan S. Radiation Dose Reduction During Endodontic Therapy: A New Technique Combining an Apex Locator (Root ZX) and a Digital Imaging System (RadioVisioGraphy). J Endod 2000; 26:30:144-7.
42. McDonald NJ. The electronic determination of working length. Dent Clin North Am 1992;36:293–307.
43. Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endodon 1996; 22:173–6.
44. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod 2000; 89:99–103.

45. Nair M.K., Nair U.P. Digital and advanced imaging in endodontics: a review. J Endod 2007; 33:1-6.
46. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos plus DS panoramic unit. Dentomaxillofac Radiol 2003; 32:229-43.
47. Ludlow JB, Brooks SL, Davies-Ludlow LE, Howerton B. Dosimetry of 3 CBCT units for oral and maxillofacial radiology. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35:219-26.
48. Qu XM, Gang L, Li G, Ludlow JB, Zhang Z, Ma X. Effective radiation dose of promax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endontology 2010; 110:770-6.
49. Koivisto J., Kiljunen T., Tapiovaara M, Wolff J., Kortesniemi M. Assessment of radiation exposure in dental cone-beam computerized tomography with the use of metal-oxide semiconductor field-effect transistor (MOSFET) dosimeters and Monte Carlo simulations. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2012; 114:393-400.
50. Hernández Mendoza H. Desarrollo de nuevas técnicas para determinar actínidos en excretas por espectometría de masas y técnicas radiométricas. Memoria para optar al grado de doctor. Facultad de ciencias químicas. Departamento de química analítica. Universidad Complutense de Madrid. ISNBN: 978-84-694-2282-3. 2011.

XII. ANEXOS

Anexo 1: tabla diseñada para anotar las radiografías tomadas por día.

CONTROL DE TOMA DE RADIOGRAFÍAS CLÍNICAS PARA ESTUDIO:
Exposición a radiación ionizante en la clínica del Posgrado en Endodoncia de la UAS.

Recordar utilizar el aparato de rayos X marca Trophy activado a un kilovoltaje fijo de 70 kVp con un tiempo de exposición de 0.12 segundos en cada disparo para toma radiográfica periapcial digital con la ayuda del Radiovisiógrafo Kodak®.

Favor de anotar las radiografías una vez que el aparato de rayos X emitía el disparo al ser activado.

MES de JUNIO	**Días LUNES**							
	3-jun-13		**10-jun-13**		**17-jun-13**		**24-jun-13**	
DULCE								
ADELINA								
MARIANA (BRISA)								
HÉCTOR								
ALEJANDRO								
FERNANDO								
GABRIEL								
TOTAL								