



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION**  
**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA**  
**“Dr. Ernesto Ramos Bours”**

**“EXPOSICION A “RAYOS X” DE LOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGIA VS RESIDENTES DE  
RADIOLOGIA E IMAGEN, DEL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA “DR.  
ERNESTO RAMOS BOURS”. ESTUDIO PRELIMINAR.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA  
ESPECIALIDAD DE ANESTESIOLOGIA**

**PRESENTA:**

**DRA. PAOLA LIVIETH REZA ROBLES**

HERMOSILLO, SONORA

AGOSTO 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA**

**“EXPOSICION A “RAYOS X” DE LOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGIA VS RESIDENTES DE  
RADIOLOGIA E IMAGEN, DEL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA “DR.  
ERNESTO RAMOS BOURS”. ESTUDIO PRELIMINAR.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA  
ESPECIALIDAD DE ANESTESIOLOGIA

**PRESENTA:**

**DRA. PAOLA LIVIETH REZA ROBLES**

**DR. . Dr. FRANCISCO RENE PESQUEIRA FONTES**  
DIRECTOR DEL HOSPITAL GENERAL

**DR. JORGE ISAAC CARDOZA AMADOR**  
DIRECTOR MEDICO

**DRA. CARMEN A. ZAMUDIO REYES**  
JEFE DE ENSEÑANZA

**DR. RAMON HUMBERTO NAVARRO YAÑES**  
JEFE DEL SERVICIO DE ANESTESIOLOGIA Y  
ASESOR DE TESIS

**DR. HUGO MOLINA CASTILLO**  
JEFE DE ENSEÑANZA DEL SERVICIO DE ANESTESIOLOGIA

## *Agradecimientos*

*Cuando un sueño se hace realidad, no siempre se le atribuye al empeño que pongamos en realizarlo. Detrás de cada sueño siempre hay personas que nos apoyan y que creen en nosotros. Son seres especiales que nos animan a seguir adelante en nuestros proyectos, por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justa y consecuente con ellos, expresándoles mis agradecimientos.*

*Debo agradecer de manera especial al Dr. Ramón Humberto Navarro Yañez por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección, su confianza en mi trabajo además de su capacidad para guiar mis ideas. A mis maestros Dr. Hugo Molina Castillo, Dr. Salvador Terán, por su orientación y rigurosidad, claves en mi desarrollo profesional.*

*Les agradezco también el haberme facilitado los medios suficientes para el desarrollo de ésta tesis al Dr. José Gabriel Aguilar Peralta, al TR, Ezequiel Benítez Álvarez, TR, Líber Martín Morales Delgado.*

*Quiero agradecer a mi hija porque su presencia ha sido y será siempre el motivo más grande que me ha impulsado para lograr esta meta; a mi esposo, el Dr. José Manuel Rojas Villalvazo, por su comprensión y tolerancia. Mi esfuerzo es inspirado en ustedes.*

*Agradecer hoy y siempre a mis padres, por su apoyo incondicional, por la dicha enorme de ser su hija, y está claro que si no fuese por su esfuerzo mis estudios no hubiesen*

*sido posible, lo que constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Deseo que mi triunfo como mujer y profesionalista lo sientan como propio, es el fruto de una lucha constante y es para ustedes. Mi respeto y admiración.*

*En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis y que no necesito nombrar, porque tanto ellas como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.*

# Índice

---

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>3</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos</b>	<b>26</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>27</b>
<b>Justificación</b>	<b>28</b>
<b>Metodología</b>	<b>29</b>
<b>Resultados</b>	<b>31</b>
<b>Análisis</b>	<b>35</b>
<b>Discusión</b>	<b>36</b>

**Conclusiones**

**37**

**Recomendaciones**

**38**

**Glosario de abreviaturas**

**39**

**Bibliografía**

**40**

# Índice de contenidos

---

<b>Tabla 1.</b> Efectos biológicos generales de las radiaciones.	<b>10</b>
<b>Tabla 2.</b> Resumen de Unidades.	<b>16</b>
<b>Tabla 3.</b> Factores de calidad.	<b>17</b>
<b>Tabla 4.</b> Factores de Ponderación.	<b>20</b>
<b>Tabla 5.</b> Lectura de los dosímetros personales correspondientes al mes de Abril.	<b>31</b>
<b>Tabla 6.</b> Lectura de los dosímetros personales correspondientes al mes de Mayo.	<b>32</b>
<b>Tabla 7.</b> Lectura de los dosímetros personales correspondientes al mes de Junio.	<b>32</b>
<b>Ilustración 1.</b> Dosímetros de bolsillo.	<b>14</b>
<b>Ilustración 2.</b> La radiación puede ser dispersada por paredes, piso y aire.	<b>23</b>
<b>Ilustración 3.</b> Resultados en mSv del mes de Abril.	<b>33</b>
<b>Ilustración 4.</b> Resultados en mSv del mes de Mayo.	<b>33</b>
<b>Ilustración 5.</b> Resultados en mSv del mes de Junio.	<b>34</b>
<b>Ilustración 6.</b> Dosis acumulada en mSv correspondiente a los meses de Abril, Mayo y Junio.	<b>34</b>



**Resumen. Introducción.** Desde tiempos memorables, el objetivo principal del equipo de salud en la sala de operaciones ha sido la de ocuparse de la integridad del paciente, hoy día, a esta preocupación se le ha agregado la de proteger la salud del equipo quirúrgico. De todos es conocido ya que las radiaciones ionizantes son potencialmente perjudiciales para los tejidos al producir ionización del agua que componen y producir radicales libres responsables del mayor daño tisular. El personal médico que labora en áreas de quirófano sufren en su organismo agresiones por efecto de los agentes con que trabajan, los cuales en muchos casos, requieren más que un tratamiento, la prevención. **Objetivos.** Determinar la cantidad de Rayos X a la que está expuesto el Residente de Anestesiología por un lapso de 3 meses. Valorar la cantidad de radiación a la que está expuesto el Residente de Anestesiología comparada con el residente de Radiología e Imagen. **Metodología.** Se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo, transversal y prospectivo. Se seleccionaron 3 residentes del área de Radiología e Imagen del Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours” correspondiente a cada año académico y 3 residentes del área de Anestesiología del Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours”, uno por cada grado académico. Se suministró de un dosímetro personal a cada residente de anestesiología incluido en el estudio. Se dividieron en 2 grupos: Grupo R, para residentes de radiología e Imagen (1, 2, 3) y grupo A, para residentes de Anestesiología (1, 2, 3). Se compararon las medidas de radiación obtenidas durante 3 meses correspondientes al mes de Abril, Mayo y Junio del 2012. **Resultados.** Se observó que del grupo A (anestesiología) la cantidad de radiación acumulada por los residentes durante el mes de Abril, Mayo y Junio fue de 0.61 mSv para el de primer año, 0.72 mSv para el de segundo año y 0.62 mSv para el de tercer año. Del grupo R (Rx e Imagen) la cantidad de radiación reportada fue de 0.00 mSv para el residente de primer año,

0.60mSv para el de segundo año, 0.70 mSv para el de tercer año. **Conclusiones.** Se necesita un protocolo de estudio más amplio que abarque una muestra representativa correspondiente al total de residentes de anestesiología del Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours” para poder realizar un análisis comparativo estadísticamente significativo de la cantidad de radiación ionizante a la que se exponen tanto los residentes de radiología e imagen como los de anestesiología durante su formación como especialistas. **Palabras clave:** Exposición a rayos X, dosímetros personales, residentes de anestesiología.

## **Introducción.**

Desde tiempos memorables, el objetivo principal del equipo de salud en la sala de operaciones ha sido la de ocuparse de la integridad del paciente, hoy día, a esta preocupación se le ha agregado la de proteger la salud del equipo quirúrgico.

Todas las profesiones llevan implícito un riesgo inherente a la naturaleza misma de la especialidad y al ambiente donde se desenvuelve. El personal médico que labora en áreas quirúrgicas y quirófanos no escapan a esta situación y sufren en su organismo una serie de agresiones por efecto de los agentes con que trabajan, los cuales en muchos casos, requieren más que un tratamiento, la prevención.

De todos es conocido ya que las radiaciones ionizantes son potencialmente perjudiciales para los tejidos al producir ionización del agua que componen y producir radicales libres responsables del mayor daño tisular. Estos daños pueden ser menores y repararse rápidamente o ser letales para la célula. Los tejidos más sensibles a la radiación son los que tienen células que se dividen rápidamente. En las gónadas produce esterilidad e infertilidad.

La exposición a altas dosis de radiación ionizante puede causar quemaduras de la piel, caída del cabello, náuseas, enfermedades y la muerte. Los efectos dependerán de la cantidad de radiación ionizante recibida, del tiempo de exposición, y de factores personales tales como el sexo, edad a la que se expuso, y del estado de salud y nutrición. Minimizar la dosis de radiación recibida depende de tres factores: Distancia, tiempo y blindaje. Es necesario aumentar la distancia en la medida de lo posible a la fuente de radiación, reducir

el tiempo de exposición, este punto es el más difícil de conseguir en intervenciones de osteosíntesis y reducción de fracturas y usar barreras protectoras.

Los trabajadores que puedan alcanzar niveles de dosis cercanos a los límites legales debido a las radiaciones ionizantes en su trabajo suelen portar dosímetros que miden la cantidad de radiación a la cual han estado sometidos. Estos dispositivos permiten asegurarse de que la persona ha recibido una dosis inferior a la dictada legalmente, o en caso de accidente radiológico, conocer el alcance de la dosis recibida.

## **Planteamiento del problema**

¿Cuál es la cantidad de radiación a la que está expuesto un residente de anestesiología durante su formación en el Hospital General de Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours”?

¿Será necesario implementar medidas continuas para valorar la cantidad de radiación a la que está expuesto el residente de anestesiología?

## **Antecedentes**

No se encontraron antecedentes de estudios realizados en residentes de anestesia en nuestra revisión, además, de que no encontramos antecedentes tampoco en nuestro Hospital.

En Quito, Ecuador, en 1975 durante la VIII Asamblea de la CLASA (Confederación Latinoamericana de Sociedades de Anestesiología) basados en una amplia bibliografía mundial, recolectada por la comisión, los Congresistas concluyeron que los Riesgos Profesionales del Personal que labora en los quirófanos, se dividen en cuatro grupos:

I. Riesgos ocasionados por la inhalación crónica de anestésicos volátiles residuales que existen en el ambiente de los quirófanos.

II. Riesgos ocasionados por infecciones transmitidas por los pacientes al personal que los atiende.

III. Riesgos ocasionados por agentes físicos, químicos y biológicos manejados en los quirófanos.

IV. Riesgos ocasionados por la naturaleza del trabajo del anestesiólogo, principalmente, por el estrés y el cansancio.

Los riesgos potenciales recopilados en la literatura mundial son:

Grupo I. Por inhalación crónica de anestésicos:

1. Toxicidad sobre el sistema nervioso central con sintomatología múltiple.
2. Oncogénesis.

3. Abortogénesis.
4. Infertilidad.
5. Toxicidad sobre el sistema hematopoyético.
6. Hepatotoxicidad.
7. Nefrotoxicidad.
8. Trastornos del ritmo cardiaco.
9. Miastenia gravis.
10. Dermatitis.

Grupo II. Por infecciones transmitidas por los pacientes:

1. Virales:

- a) Hepatitis B.
- b) Hepatitis C.
- c) Sida

2. Bacterianas.

3. Por hongos.

Grupo III. Por agentes físicos:

1. Por descargas eléctricas accidentales.

a) De bajo voltaje.

b) De alto voltaje.

**2. Exposición a dosis excesivas de rayos X (radiaciones ionizantes).**

3. Exposición a rayos láser (radiaciones no ionizantes)

Grupo IV. Por la naturaleza del trabajo del anestesiólogo:

1. Diferentes grados de estrés físico y mental.

2. Dependencia de fármacos.

3. Hernias de discos intervertebrales sobre todo lumbares.

4. Otras lesiones de columna cervical, torácica y lumbar. <sup>(1)</sup>

**2. DAÑO BIOLÓGICO POR RADIACIONES**

Las radiaciones ionizantes son capaces de producir daños orgánicos. Esto es en virtud de que la radiación interacciona con los átomos de la materia viva, provocando en ellos principalmente el fenómeno de ionización. Luego esto da lugar a cambios importantes en células, tejidos, órganos, y en el individuo en su totalidad. El tipo y la magnitud del daño dependen del tipo de radiación, de su energía, de la dosis absorbida (energía depositada), de la zona afectada, y del tiempo de exposición.

Para los agentes farmacológicos en general es válida la regla de que, para obtener un efecto biológico dado, se requiere dar una determinada dosis mayor que la dosis umbral. La dosis umbral es aquella que marca el límite arriba del cual se presenta un efecto, y debajo del cual no hay efecto. Algunos de los efectos de la radiación caen en este caso, los no



estocásticos. Otras sustancias no tienen una respuesta de este tipo, es decir no tienen umbral, por lo tanto no hay una dosis mínima para producir un efecto. Consecuentemente, cualquier dosis dada produce un efecto; para obtener un efecto cero se requiere una dosis cero. Los efectos estocásticos de la radiación se comportan de esta manera.

El lapso entre el instante de radiación y la manifestación de los efectos se conoce como periodo latente. Con base en esto se pueden clasificar los daños biológicos como agudos (a corto plazo), que aparecen en unos minutos, días o semanas, y diferidos (largo plazo), que aparecen después de años, décadas y a veces en generaciones posteriores.

El daño biológico tendrá diferentes manifestaciones en función de la dosis. A bajas dosis (menos de 100 mSv o 10 rem) no se espera observar ninguna respuesta clínica. Al aumentar a dosis mayores, el organismo va presentando diferentes manifestaciones hasta llegar a la muerte. La dosis letal media, aquella a la cual 50% de los individuos irradiados mueren, es de 4 Sv (400 rem).

Ordinariamente, cuando se hace referencia a dosis equivalentes, se quiere indicar una dosis promedio al cuerpo total. Esto es importante ya que en ocasiones pueden aplicarse grandes dosis de radiación a áreas limitadas (como en radioterapia) con un daño local. Si estas mismas dosis se aplican a todo el cuerpo pueden ser letales. Por ejemplo, una persona podría recibir 10 Sv (1 000 rem) en un brazo y experimentar una lesión local, pero esa misma dosis a cuerpo entero le causaría inexorablemente la muerte.

### 3. EFECTOS DE LA RADIACIÓN EN LAS CÉLULAS

Cuando la radiación ionizante incide sobre un organismo vivo, la interacción a nivel celular se puede llevar a cabo en las membranas, el citoplasma, y el núcleo.

Si la interacción sucede en alguna de las membranas se producen alteraciones de permeabilidad, lo que hace que puedan intercambiar fluidos en cantidades mayores que las normales. En ambos casos la célula no muere, pero sus funciones de multiplicación no se llevan a cabo. En el caso en que el daño es generalizado la célula puede morir.

En el caso en que la interacción sucede en el citoplasma, cuya principal sustancia es el agua, al ser ésta ionizada se forman radicales químicamente inestables. Algunos de estos radicales tenderán a unirse para formar moléculas de agua y moléculas de hidrógeno (H), las cuales no son nocivas para el citoplasma. Otros se combinan para formar peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), el cual sí produce alteraciones en el funcionamiento de las células. La situación más crítica se presenta cuando se forma el hidronio (HO), el cual produce envenenamiento.

Cuando la radiación ionizante llega hasta el núcleo de la célula, puede producir alteraciones de los genes e inclusive rompimiento de los cromosomas, provocando que cuando la célula se divida lo haga con características diferentes a la célula original. Esto se conoce como daño genético de la radiación ionizante, que si se lleva a cabo en una célula germinal (espermatozoide u óvulo) podrá manifestarse en individuos de futuras generaciones.

La radiación ionizante puede producir en las células: aumento o disminución de volumen, muerte, un estado latente, y mutaciones genéticas.

#### 4. CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS BIOLÓGICOS

La CIPR ha introducido un nuevo concepto en la clasificación de los efectos, basado en la probabilidad de ocurrencia: los efectos estocásticos y los no estocásticos.

Los efectos estocásticos son aquéllos cuya probabilidad de ocurrencia se incrementa con la dosis recibida, así como con el tiempo de exposición. No tienen una dosis umbral para manifestarse. Pueden ocurrir o no ocurrir; no hay un estado intermedio. La inducción de un cáncer en particular es un efecto estocástico. Su probabilidad de ocurrir depende de la dosis recibida; sin embargo, no se puede asegurar que el cáncer se presente, menos aún determinar una dosis. La protección radiológica trata de limitar en lo posible los efectos estocásticos, manteniendo las dosis lo más bajas posible.

En los efectos no estocásticos la severidad aumenta con la dosis, y se produce a partir de una dosis umbral. Para dosis pequeñas no habrá efectos clínicamente detectables. Al incrementar la dosis se llega a niveles en que empiezan a evidenciarse, hasta llegar a situaciones de gravedad. Para estos casos la protección consiste en prevenir los efectos, no excediendo los umbrales definidos en cada caso. Las quemaduras caen en esta categoría.

Síndrome de irradiación aguda es el conjunto de síntomas por la exposición de cuerpo total o una gran porción de él a la radiación. Consiste en náusea, vómito, anorexia (inapetencia), pérdida de peso, fiebre y hemorragia intestinal. Según su periodo de latencia, los efectos se han clasificado en agudos (a corto plazo) y diferidos (a largo plazo).

Los efectos agudos pueden ser generales o locales.

**Tabla 1. Efectos biológicos generales de las radiaciones.**

Dosis		Efecto
<b>0 – 25 rems</b>	(0-.25Sv)	Ninguna lesión evidente.
<b>25 – 50 rems</b>	(.25 - .5 Sv)	Posibles alteraciones en la sangre, pero ninguna lesión grave.
<b>0 – 100 rems</b>	(.5 - 1 Sv)	Alteraciones de las células sanguíneas. Alguna lesión. Ninguna incapacitación.
<b>100 – 200 rems</b>	(1 - 2 Sv)	Lesión. Posible incapacitación.
<b>200 – 400 rems</b>	(2 - 4 Sv)	Certeza de lesión e incapacitación. Probabilidad de defunción.
<b>400 rems</b>	(4 Sv)	Cincuenta por ciento de mortalidad.
<b>600 o más rems</b>	(6 Sv)	Probablemente mortal.

Los locales pueden ser eritema o necrosis de la piel, caída del cabello, necrosis de tejidos internos, la esterilidad temporal o permanente, la reproducción anormal de tejidos como el epitelio del tracto gastrointestinal, el funcionamiento anormal de los órganos hematopoyéticos (médula ósea roja y bazo), o alteraciones funcionales del sistema nervioso y de otros sistemas.

Los efectos diferidos pueden ser la consecuencia de una sola exposición intensa o de una exposición por largo tiempo. Entre éstos han de considerarse: las cicatrices atróficas locales o procesos distróficos de órganos y tejidos fuertemente irradiados, las cataratas del cristalino, el cáncer de los huesos debido a la irradiación del tejido óseo, el cáncer pulmonar, las anemias plásticas ocasionadas por radiolesiones de la médula ósea, y la leucemia.

## 5. DETECCIÓN Y MEDIDA DE LA RADIACIÓN

Puesto que la radiación ionizante en general no es perceptible por los sentidos, es necesario valerse de instrumentos apropiados para detectar su presencia. Asimismo, interesan su intensidad, su energía, o cualquier otra propiedad que ayude a evaluar sus efectos.

Se han desarrollado muchos tipos de detectores de radiación. Cada clase de detector es sensible a cierto tipo de radiación y a cierto intervalo de energía. Así pues, es de primordial importancia seleccionar el detector adecuado a la radiación que se desea medir. El no hacerlo puede conducir a errores graves.

El diseño de los detectores está basado en el conocimiento de la interacción de las radiaciones con la materia. Las radiaciones depositan energía en los materiales,

principalmente a través de la ionización y excitación de sus átomos. Los detectores más comunes en las aplicaciones de la radiación son los de ionización de gas y los de centelleo.

Detectores de ionización de gas, constan de un gas encerrado en un recipiente de paredes tan delgadas como sea posible para no interferir con la radiación que llega. Los iones positivos y negativos (electrones), producidos por la radiación dentro del gas, se recogen directamente en un par de electrodos a los que se aplica un alto voltaje. Esta medida de ionización puede transformarse directamente a unidades de exposición (Roentgens). Debido a la baja densidad de un gas (comparado con un sólido), los detectores gaseosos tienen baja eficiencia para detectar rayos X o gamma (típicamente del orden de 1%) pero detectan prácticamente todas las alfas o betas que logran traspasar las paredes del recipiente.

Los detectores de centelleo tienen algunas ventajas sobre los de gas. En primer lugar, un sólido, por su mayor densidad, es más eficiente en detener la radiación que un gas. Por lo tanto la eficiencia de un detector de centelleo es muy superior a la de uno de gas, especialmente para rayos gamma. En segundo lugar, el proceso de luminiscencia, o sea la absorción de radiación y la posterior emisión de luz, es muy rápido, disminuyendo el tiempo muerto. El material que produce el destello se llama cristal de centelleo. Se selecciona para que tenga una alta eficiencia en absorber radiación ionizante y emitir luz (luminiscencia). Debe ser transparente para poder transmitir la luz producida, y debe estar a oscuras para que la luz ambiental no le afecte.

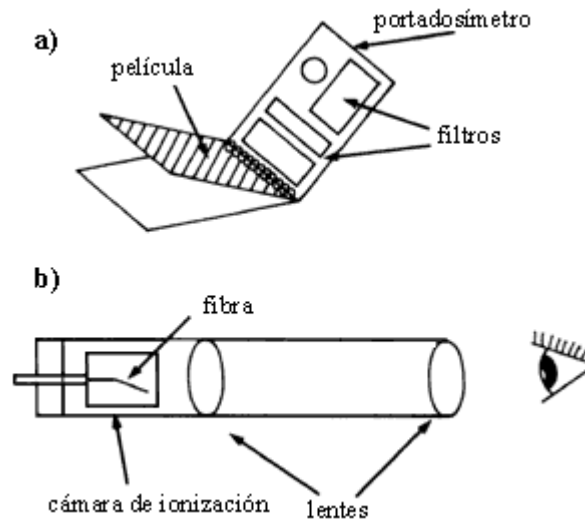
El material más empleado como cristal de centelleo es el yoduro de sodio activado con talio. Es de costo bajo y es muy estable. Otro muy común es el yoduro de cesio

activado con talio y hay otros materiales inorgánicos de usos especiales. Por otro lado, especialmente para detectar neutrones, suelen emplearse materiales orgánicos como plásticos. De éstos los más importantes son el antraceno y el estilbeno. Para ciertas aplicaciones son útiles también los líquidos orgánicos.

## 6. DOSÍMETROS PERSONALES

El personal expuesto normalmente a radiaciones requiere de la medida habitual de la dosis recibida y de un seguimiento de la dosis acumulada en un lapso dado. Para esto se acostumbra usar dosímetros personales, que son dispositivos sensibles a la radiación pero que por su tamaño y peso pueden ser portados individualmente con comodidad, ya sea en el bolsillo o asidos a la ropa con una pinza. Los más comúnmente empleados son los de película fotográfica, las cámaras de ionización de bolsillo y los termoluminiscentes.

Los dosímetros de película aprovechan el hecho bien conocido de que la radiación vela las películas fotográficas, como sucede en las radiografías. La emulsión fotográfica contiene granos de bromuro de plata ( $\text{AgBr}$ ), y al pasar por ella una radiación deja a su paso iones de bromo y de plata suspendidos en la emulsión, como imagen latente. Cuando se revela la película aparecen los granos de plata metálica. El oscurecimiento se mide después con un densitómetro óptico, que mide la transmisión de luz, y de allí se deduce la dosis recibida.



**Ilustración 1. Dosímetros de bolsillo. (a) Película fotográfica. (b) Cámara de ionización.**

Como el oscurecimiento depende también del tipo y de la energía de la radiación recibida, en el porta dosímetro, que generalmente es un receptáculo de plástico, se incluyen filtros en forma de pequeñas placas de elementos absorbedores de radiación, como plomo, cadmio, cobre o aluminio. Del ennegrecimiento relativo de las zonas con filtro y sin filtro se puede deducir algo sobre estas cantidades. Hay instituciones y compañías privadas que ofrecen el servicio de revelado y medida de dosis en dosímetros de película.

Los dosímetros de película son de bajo costo, sencillos de usar y resistentes al uso diario. Son sensibles a la luz y a la humedad. Permiten tener un registro permanente de la dosis acumulada, generalmente en periodos de un mes. Como la información sobre la dosis se recibe un tiempo después de recibida la exposición, son útiles especialmente para llevar el historial de exposición del personal. Sólo se pueden usar una vez. No se pueden medir con confianza dosis menores a 20 mrem.



Los dosímetros termoluminiscentes son sustancias, como el fluoruro de litio (LiF) o el fluoruro de calcio (CaF<sub>2</sub>), que al recibir radiación muchos de los electrones producidos quedan atrapados en niveles de energía de larga vida, generalmente debidos a defectos en la red cristalina. Cuando posteriormente son calentados estos cristales, los electrones atrapados vuelven a caer a sus estados originales, al mismo tiempo emitiendo luz (de allí el nombre de termoluminiscencia). La cantidad de luz emitida es proporcional a la dosis acumulada desde la última vez que se calentó. Se mide con un fotomultiplicador.

Estos dosímetros son de costo moderado, resistentes y pueden ser usados varias veces. Son más precisos que los de placa fotográfica, pero se requiere de un equipo especial para efectuar las lecturas, las cuales no son inmediatas.

Los dosímetros personales, como los otros detectores, tienen limitaciones en cuanto al tipo de radiación y la energía a que son sensibles. Su sensibilidad es función de los mismos parámetros mencionados para los detectores en general, y deben ser calibrados junto con los sistemas que dan las lecturas.

## 7. SEGURIDAD RADIOLÓGICA

### 7.1. UNIDADES QUE SE USAN EN LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA

Para poder medir y comparar las energías absorbidas por el tejido en diferentes condiciones ha sido necesario definir ciertos conceptos (de exposición, de dosis absorbida, de dosis equivalente) , así como las unidades correspondientes.

La Comisión Internacional de Unidades de Radiación ( CIUR) se ha abocado a la tarea de definir un sistema de unidades aceptado internacionalmente, y de empleo rutinario

en la Comisión Internacional de Protección Radiológica ( CIPR). Estas unidades en el sistema internacional (S.I.) incluyen el Gray y el Sievert, y su definición se basa en el sistema MKS, vienen a sustituir al rad y al rem, que son unidades tradicionales.

**Tabla 2. Resumen de unidades**

Concepto	Proceso físico	S.I.	Unidades antiguas
Dosis absorbida	Energía depositada	Gy	rad
Dosis equivalente	Efecto Biológico	Sv	rem

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

$$1 \text{ cGy} = 1 \text{ rad}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

$$1 \text{ mSv} = 0.1 \text{ rem}$$

$$1 \text{ } \mu\text{Sv} = 0.1 \text{ mrem}^{(2)}$$

**Dosis absorbida.** Energía depositada por la radiación ionizante en la unidad de masa de un determinado material, medida en un punto específico. La unidad de dosis es el gray (Gy) y corresponde a  $1 \text{ J kg}^{-1}$ .

**Dosis equivalente.** El sievert (Sv) mide la dosis de radiación absorbida por la materia viva, corregida por los posibles efectos biológicos producidos. Aunque todas las

radiaciones ionizantes son capaces de producir efectos biológicos similares, una cierta dosis absorbida puede producir efectos de magnitudes distintas, según el tipo de radiación de que se trate. Esta diferencia de comportamiento ha llevado a definir una cantidad llamada factor de calidad (Q) para cada tipo de radiación. Se seleccionó arbitrariamente  $Q = 1$  para rayos X y gamma.

El factor de calidad es una medida de los efectos biológicos producidos por las distintas radiaciones, comparados con los producidos por los rayos X y gamma, para una dosis absorbida dada. El factor de calidad Q depende de la densidad de ionización de las diferentes radiaciones.

La dosis equivalente es un nuevo concepto que se definió tomando en cuenta el factor de calidad. Es igual a la dosis absorbida multiplicada por el factor de calidad. La unidad de dosis equivalente en el S.I. es el Sievert (Sv), definido como:

$$1 \text{ SV} = 1 \text{ Gy} \times Q.$$

**Tabla 3. Factores de calidad**

<b>Tipo de radiación</b>	<b>Q</b>
<b>Rayos X, g</b>	1
<b>Electrones</b>	1
<b>Neutrones térmicos</b>	2.3
<b>Neutrones rápidos</b>	10
<b>Protones</b>	10
<b>Partículas a</b>	20

Así, por ejemplo, un Gray de partículas alfa produce efectos biológicos 20 veces más severos que un Gray de rayos X.

La unidad antigua es el rem, con  $1 \text{ rem} = (1 \text{ rad} \times Q)$ .  $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv} = 1 \text{ cSv}$ . (2)

Dosimetría ALSA:

- La unidad radiológica es el Sievert (Sv).  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
- La dosis reportada es la dosis recibida en el dosímetro ( $1 \text{ mSv} = 100 \text{ mrem}$ )
- El límite de dosis anual para el POE de acuerdo a la NOM-229-SSA1-2002 es de 50 mSv (5 rem).<sup>(3)</sup>

## 7.2 LÍMITES DE LAS DOSIS

Para el personal ocupacionalmente expuesto se ha definido el concepto de dosis máxima permitida, aunque en la actualidad se prefiere el término límite recomendado de dosis equivalente, el cual se ha fijado en 50 mSv (5 rem) por año.

Usaremos el límite de dosis equivalente (LDE) de 50 mSv (5 rem)/ año para personal ocupacionalmente expuesto. Esta dosis, promediada sobre 50 semanas, da el valor de 1 mSv (100 mrem)/ semana. Considerando 40 horas de trabajo por semana, esto equivale a  $25 \square \text{ SV}$  (2.5 mrem)/ hora. Se recomienda no exceder estas dosis. De hecho, es de esperarse que la dosis recibida siempre sea considerablemente menor que estos límites. Si por necesidades de trabajo se exceden estas dosis, debe procurarse no recibir más radiación en un intervalo de tiempo suficiente para que el promedio no exceda el límite de dosis equivalente. Por ejemplo, si en una jornada de trabajo se reciben 100 mrem, se debe tratar de no recibir más radiación en el resto de la semana para no llegar al valor semanal recomendado. Nótese que esta precaución no es para que los efectos de la radiación de alguna manera se anulen; es para no exceder una cierta posibilidad de que se presenten efectos estocásticos.

Si por alguna razón una persona no ocupacionalmente expuesta recibe una dosis, deberán tomarse las medidas para evitar que exceda 5 mSv (0.5 rem)/ año, o sea una décima parte del límite de dosis equivalente para personal ocupacionalmente expuesto.

### **Límites de dosis para los trabajadores expuestos:**

El límite de dosis efectiva para trabajadores expuestos será de 100 mSv durante todo período de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.

a) El límite de dosis equivalente para el cristalino será de 150 mSv por año oficial.

b) El límite de dosis equivalente para la piel será de 500 mSv por año oficial. Dicho límite se aplicará a la dosis promediada sobre cualquier superficie de 1 cm<sup>2</sup>, con independencia de la zona expuesta.

c) El límite de dosis equivalente para las manos, antebrazos, pies y tobillos será de 500 mSv por año oficial.

Los límites de dosis para las personas en formación y los estudiantes mayores de dieciocho años que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes, serán los mismos que los de los trabajadores expuestos. <sup>(4)</sup>

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.

### **7.3. FACTOR DE PONDERACIÓN ÓRGANO/TEJIDO (WT).**

Efecto local transmitido a los órganos. El factor de ponderación para la totalidad del cuerpo es 1, como que 1 Gy de radiación deliberada al cuerpo entero es igual a un sievert. Por lo tanto, la suma de los factores de ponderación de cada órgano deber ser igual a 1. <sup>(5)</sup>

**Tabla 4. Factor de ponderación de órganos o tejidos**

<b>Organo o tejido</b>	<b>Factor de ponderación (WT)</b>
Gónadas	0.20
Médula ósea roja, colon (intestino grueso inferior), pulmón y estómago	0.12
. Vejiga, mama, esófago, hígado, tiroides	0.05
Piel y superficies óseas	0.01
Organos o tejidos restantes *	0.05
Cuerpo entero	1

## 8. RADIACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL

De fuentes naturales de radiación recibimos aproximadamente 1.0 mSv (100 mrem)/ año. Una fuente natural es la radiación cósmica, que nos llega de fuera del planeta. La atmósfera sirve de blindaje para la mayor parte de ella, pero de cualquier manera nos llega una dosis de aproximadamente 0.35 mSv (35 mrem)/ año en el ecuador a nivel del mar. Esta dosis aumenta con la latitud debido al campo magnético de la Tierra, hasta que a latitud 50°, se reciben aproximadamente 0.5 mSv (50 mrem)/ año. Nótese que estos valores son del orden de 1/ 100 del LDE. La dosis también aumenta con la altura sobre el nivel del mar porque hay menos atmósfera para absorber la radiación. A 2 000 metros sobre el nivel del mar, aumenta a 1 mSv/ año, mientras que a 5 000 metros llega a 3 mSv/ año. En un viaje aéreo trasatlántico, se reciben aproximadamente 0.05 mSv.

Otra fuente natural de radiación son ciertos elementos radiactivos que están presentes en cualquier mineral, como el uranio, el torio y el potasio 40 (40K). De ellos recibimos en general, dependiendo de variaciones locales, entre 0.3 y 1.0 mSv/ año. Desde luego, en yacimientos ricos en estos minerales las dosis pueden ser mayores. El radón es un gas radiactivo producido por el decaimiento del uranio de todos los materiales. Es responsable de aproximadamente 0.3 mSv/ año, como una tercera parte de la dosis natural que recibimos. En ciertos lugares se puede acumular este gas, como en lugares mal ventilados o en fallas geológicas, aumentando la dosis.

Algunos ejemplos de fuentes artificiales son los reactores nucleares, las fuentes radiactivas y los aparatos para usos médicos e industriales de la radiación. Una radiografía de tórax produce 0.2 mSv en aproximadamente un segundo. Una radiografía dental, 10 mSv, pero en una región muy localizada del cuerpo.

## 9. RIESGOS POR RADIACIÓN EXTERNA

Se entiende por radiación externa la que recibe el organismo debido a fuentes exteriores a él, generalmente selladas. La dosis recibida dependerá del tipo de radiación y de su energía (por lo tanto de su poder de penetración). En general los emisores de partículas alfa no se consideran de riesgo externo importante porque éstas no penetran sino unas micras de la piel, además de que cualquier material del grueso de un papel, o unos centímetros de aire, las absorben. Los emisores de partículas beta son más importantes por el poder de penetración mayor de las betas en tejido, unos cuantos milímetros. Los emisores de rayos X y gamma, así como los neutrones, constituyen las fuentes de mayor riesgo externo, debido principalmente a su gran poder de penetración en el organismo; por lo

tanto, pueden afectar cualquier órgano. Por otro lado, son las fuentes más comúnmente usadas en diversas aplicaciones.

Las medidas de protección contra la irradiación por fuentes externas son: tiempo, distancia y blindaje.

El efecto del tiempo se debe simplemente a que la dosis se acumula con el tiempo. Si una persona recibe una razón de dosis dada, la dosis acumulada será el producto de ésta por el tiempo de exposición. Por ejemplo, si un trabajador recibe una dosis medida en un monitor de 0.1 mSv/ hora durante tres horas de trabajo, acumulará una dosis de 0.3 mSv.

Para tomar en cuenta el efecto de la distancia, considérese una fuente puntual de actividad A que emite radiación uniformemente en todas direcciones. Consideremos por el momento que la radiación viaja en línea recta, o sea sin tomar en cuenta dispersión de Compton en el caso de rayos gamma o dispersión elástica en el caso de neutrones. La radiación actúa como si la fuente fuese un foco luminoso. A medida que uno se aleja de él, la iluminación disminuye, obedeciendo la ley del cuadrado de la distancia. <sup>(6)</sup>

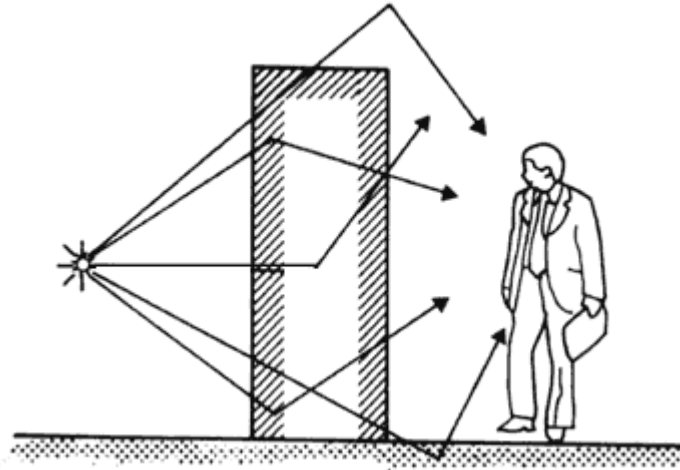
En el caso de la radiación, la dosis que recibe una persona es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente, obedeciendo la fórmula:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

Por ejemplo, supongamos que una persona se encuentra a un metro de distancia de la fuente y recibe una dosis D1. Si se aleja a 2 metros recibirá una cuarta parte de D1. A 3 metros, 1/9 de D1.



Para el caso de rayos gamma no hay que olvidar que existe el efecto Compton de dispersión, que si bien atenúa la radiación en línea recta, en cambio produce radiación en otras direcciones.



**Ilustración 2. La radiación puede ser dispersada por paredes, piso y aire.**

Por esta razón, hay una intensificación (buildup) de la dosis recibida cuando hay materiales dispersores entre la fuente y la persona, o simplemente en la vecindad de la fuente. La radiación puede ser dispersada del aire, del piso o del techo del recinto, de las paredes, o de cualquier objeto cercano dentro o fuera del recinto.

La dosis es proporcional al tiempo de exposición y en primera instancia es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente, aunque la intensificación por dispersión es muy importante.

## 10. PROTECCIÓN DEL POE

**Zona contaminada:** Es la zona donde el nivel de contaminación removible rebasa, o que debido a la naturaleza de los trabajos a realizar, se puedan rebasar los límites establecidos sin exceder 100 veces el valor de los mismos.

**Zona con contaminación suspendida en aire:** Es aquella en donde se exceden los valores de la concentración derivada en aire (CDA) establecidos en la NOM-005-NUCL-1994 o, en caso de estar normalmente ocupada, la concentración de material radiactivo promedio semanal excede el 25% de la CDA.

**Zona de radiación:** Es aquella accesible únicamente al personal ocupacionalmente expuesto, en la que el equivalente de dosis a cuerpo entero, pudiera ser superior a 0.05 mSv en una hora o a 1 mSv en cualquier periodo consecutivo de cinco días.

**Zona de alta radiación:** Es aquella accesible únicamente al personal ocupacionalmente expuesto, en la que el equivalente de dosis a cuerpo entero en una hora, pudiera ser superior a 1 mSv. <sup>(8)</sup>

**Dispositivos mínimos indispensables de protección radiológica por cada departamento de radiología:**

- Mandil con espesor equivalente de 0.5 mm de plomo cuando cubra solamente el frente del cuerpo, o mandil de 0.25 mm cuando cubra completamente el frente, los costados del tórax y pelvis.
- Guantes de compresión con espesor equivalente a 0.5 mm de plomo
- Guantes para intervención con espesor equivalente de 0.25 mm de plomo
- Collarín para protección de tiroides con espesor equivalente a 0.5 mm de plomo

- Anteojos para protección del cristalino, con cristales de espesor equivalente a 0.2 mm de plomo
- Durante los estudios fluoroscópicos de intervención que utilicen equipo con arco en C, todo el personal que participe debe usar mandil con espesor equivalente a 0.5 mm de plomo.
- Cuando se utilice un equipo móvil, el operador debe mantenerse a una distancia mayor a 1.8 m del paciente y emplear un mandil plomado. <sup>(9)</sup>

## 11. DEPENDENCIAS OFICIALES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA

La Comisión Internacional de Protección Radiológica, conocida por sus siglas CIPR, es la organización internacional que se ha encargado de emitir las recomendaciones para una buena práctica en la posesión, uso, transporte, almacenamiento, etc., del material radiactivo. <sup>(10)</sup>

A nivel nacional cada país cuenta con sus propios organismos que reglamentan estas actividades, generalmente basadas en las recomendaciones de la CIPR. En México estas funciones recaen en la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (SEMIP), la Secretaría de Salud, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. <sup>(11)</sup>

## **Objetivos**

### **Objetivos Generales**

- a) Determinar la cantidad de Rayos X a la que está expuesto el Residente de Anestesiología por un lapso de 2 meses.
  
- b) Valorar la cantidad de radiación a la que está expuesto el Residente de Anestesiología comparada con el residente de Radiología e Imagen.

### **Objetivo específico**

Implementar medidas para la valoración continua del grado de exposición de Rayos X que recibe el Residente de Anestesiología, en caso necesario.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis nula**

Los residentes de anestesiología tienen menor exposición a rayos X que los residentes de Radiología e Imagen.

### **Hipótesis alterna**

Los residentes de Anestesiología tienen igual o mayor exposición a rayos X que los residentes de Radiología e Imagen.

## **Justificación**

La exposición a Rayos X es una preocupación constante para el personal en riesgo, es por ello, que el presente trabajo pretende valorar esta exposición en residentes de anestesiología quienes no solamente están expuestos en salas de quirófano en procedimientos de ortopedia, urología, y cirugía, que implican el uso de Arco en “C” con rayo continuo, equipos portátiles para placas de tórax, abdomen y extremidades, sino también, a procedimientos fuera de él que implican varias horas de exposición como cuartos de hemodinamia, tomografías computadas, salas de radiografías y otros con pacientes graves bajo intubación orotraqueal que no les permiten tomar la distancia de seguridad necesaria durante las mismas.

## **Metodología**

Se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo, transversal y prospectivo.

Se seleccionaron 3 residentes del área de Radiología e Imagen del Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours” correspondiente a cada año académico y 3 residentes del área de Anestesiología del Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours”, uno por cada grado académico. Se dividieron en 2 grupos: Grupo R, para residentes de radiología e Imagen (1, 2, 3) y grupo A, para residentes de Anestesiología (1, 2, 3) Se compararon las medidas de radiación obtenidas durante 3 meses correspondientes al mes de Abril, Mayo y Junio del 2012.

Se proporcionó un dosímetro personal de rayos X por cada mes de estudio a un residente de cada año académico (primero, segundo y tercero) de anestesiología quienes lo portaron debajo del chaleco plomado durante los procedimientos que implicaron uso de rayos X, debiéndolo entregar al final del mes para su lectura. Los procedimientos quirúrgicos fueron no intencionados, repartidos al azar siguiendo el rol establecido por el Jefe de Servicio al inicio del año académico. La lectura de los dosímetros fue realizada por la empresa ALSA dosimetría junto con los dosímetros personales de los residentes de radiología e imagen, a quienes, por norma oficial, se les entrega mes con mes un dosímetro personal para verificación de dosis recibida de rayos X.

Los criterios de exclusión fueron médicos adscritos al Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours” y médicos residentes quienes se negaran a participar en el estudio. Los criterios de eliminación: Médicos residentes de Radiología e Imagen y

Anestesiología que no hicieran buen uso del dosímetro. En nuestro estudio no hubo la necesidad de excluir ni eliminar residentes.

### Análisis estadístico

Descripción de las variables, cruce de ellas y tablas asociadas, diferencia de valores entre las variables estudiadas.

### Recursos

I. Humanos: Un asesor médico, un asesor metodológico, servicio de radiología e imagen.

II. Materiales: 3 Dosímetros individuales



## Resultados

La cantidad de mSv a los que estuvieron expuestos los residentes de anestesiología durante los meses de Abri, Mayo y Junio del 2012 son similar a la cantidad de mSv a los que estuvieron expuestos los residentes de radiología e imagen durante su práctica en los dos meses estudiados.

Se observó que del grupo A (anestesiología) la cantidad de radiación recibida por los residentes reportada durante el mes de Abril fue de 0.18 mSv para el de primer año, 0.19 mSv para el de segundo año y 0.21 mSv para el de tercer año. Del grupo R (Rx e Imagen) la cantidad de radiación reportada fue de 0.00 mSv para el residente de primer año, 0.17mSv para el de segundo año, 0.27 mSv para el de tercer año. (Tabla 5)

**Tabla 5. Lectura de los dosímetros personales correspondientes al mes de Abril.**

Residentes	Grupo A Anestesiología	Grupo R Rx e Imagen
Residente de primer año	<b>0.18 mSv</b>	<b>0.00</b>
Residente de segundo año	<b>0.19 mSv</b>	<b>0.17 mSv</b>
Residente de tercer año	<b>0.21 mSv</b>	<b>0.27 mSv</b>

Durante el mes de Mayo, se obtuvieron para el grupo A (anestesiología) 0.20mSv en los residentes de primer año, 0.28 mSv en los residentes de segundo año, 0.16 mSv en los residentes de tercer año. Para el grupo R (Rx e imagen), se obtuvo 0.00 mSv para los residentes de primer año, 0.18 mSv en los residentes de segundo y tercer año. (Tabla 6).

**Tabla 6. Lectura de los dosímetros personales correspondientes al mes de Mayo.**

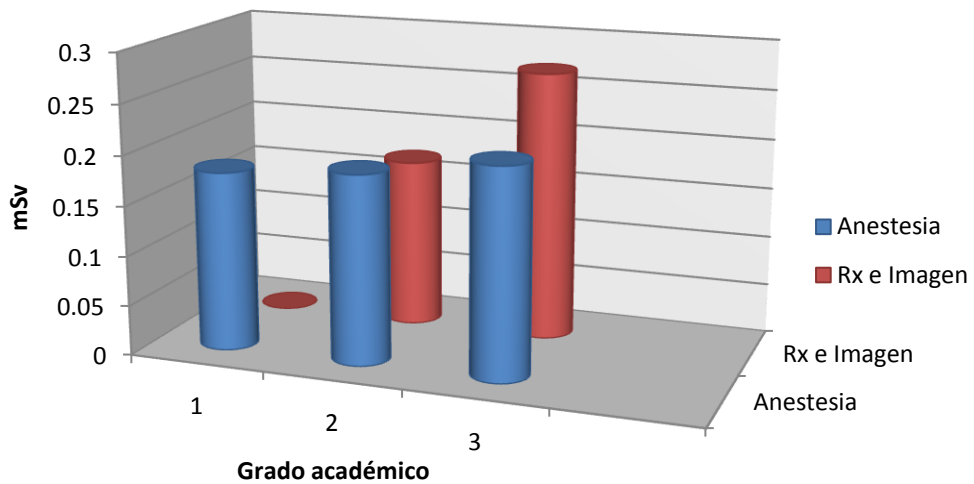
Residentes	Grupo A Anestesiología	Grupo R Rx e Imagen
Residente de primer año	<b>0.20 mSv</b>	<b>0.00</b>
Residente de segundo año	<b>0.28 mSv</b>	<b>0.18 mSv</b>
Residente de tercer año	<b>0.16 mSv</b>	<b>0.18 mSv</b>

Durante el mes de Junio, se obtuvieron para el grupo A (anestesiología) 0.23mSv en los residentes de primer año, 0.25 mSv en los residentes de segundo año, 0.25 mSv en los residentes de tercer año. Para el grupo R (Rx e imagen), se obtuvo 0.00 mSv para los residentes de primer año, 0.25 mSv en los residentes de segundo y tercer año. (Tabla 7).

**Tabla 7. Lectura de los dosímetros personales correspondientes al mes de Junio.**

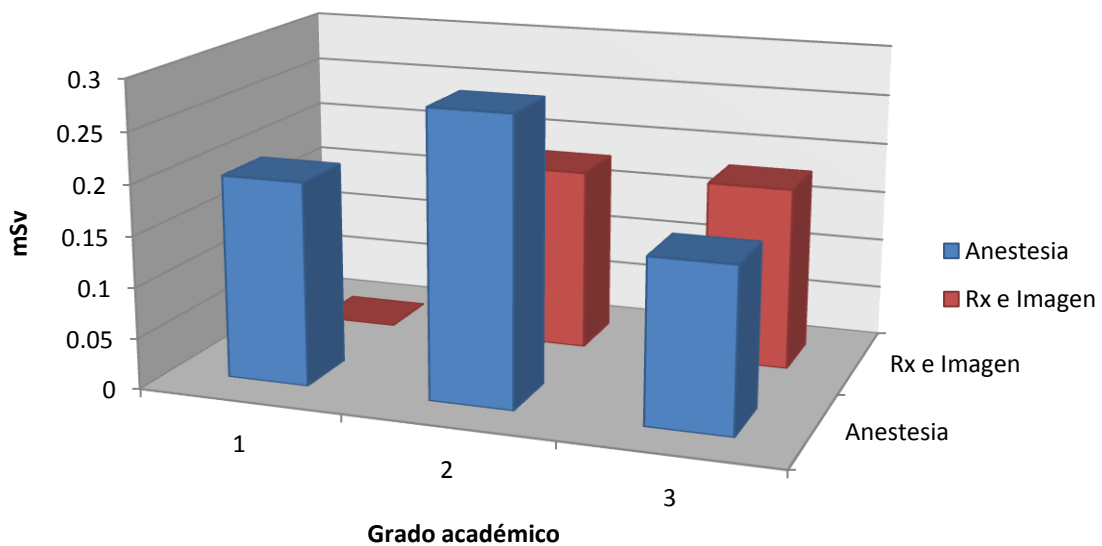
Residentes	Grupo A Anestesiología	Grupo R Rx e Imagen
Residente de primer año	<b>0.23 mSv</b>	<b>0.00</b>
Residente de segundo año	<b>0.25 mSv</b>	<b>0.25 mSv</b>
Residente de tercer año	<b>0.25 mSv</b>	<b>0.25 mSv</b>

La cantidad de radiación recibida por ambos grupos durante el mes de abril resultó con valores similares en ambos grupos. (Ilustración 3).



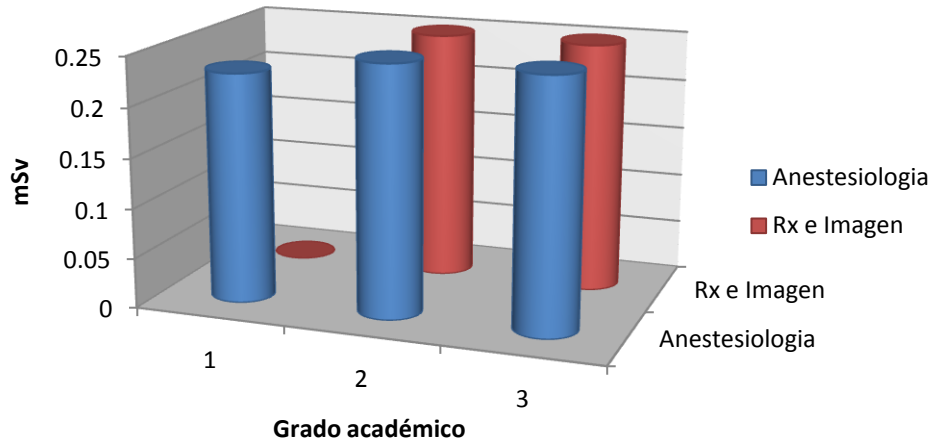
**Ilustración 3. Resultados en mSv del mes de Abril**

La radiación a la que estuvieron expuestos los residentes seleccionados para el estudio durante el mes de Mayo, se muestra en la ilustración 4.



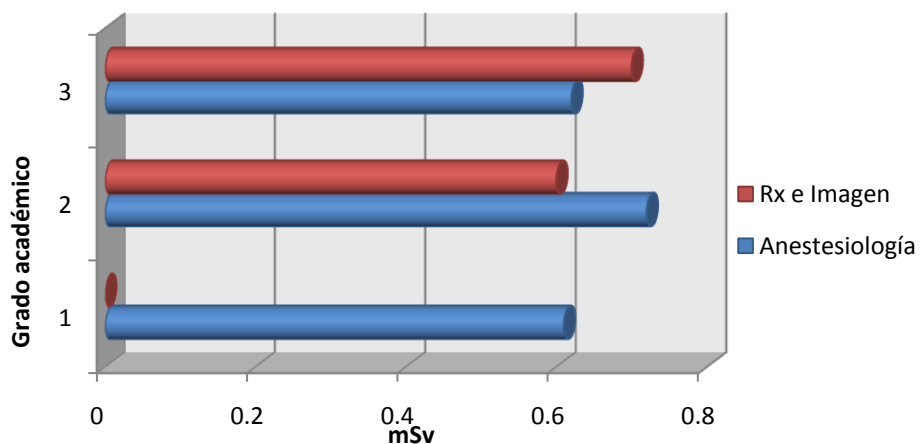
**Ilustración 4. Resultados en mSv del mes de Mayo**

La radiación a la que estuvieron expuestos los residentes seleccionados para el estudio durante el mes de Junio, se muestra en la ilustración 5.



**Ilustración 5. Resultados en mSv del mes de Junio.**

La cantidad de radiación ionizante es acumulativa, siendo 50 mSv el estándar más alto. De los residentes de anestesiología, los de segundo año son los más expuestos por la cantidad mayor de procedimientos con uso de rayos X en los que participan. (Ilustración 6).



**Ilustración 6. Dosis acumulada en mSv correspondientes al mes de Abril y Mayo.**

## **Análisis**

La cantidad de radiación en mSv a la que estuvieron expuestos los residentes de anestesiología durante el mes de Abril, Mayo y Junio resultó una cantidad a considerar, puesto que por el desempeño de su trabajo, se esperaría que los residentes de radiología e imagen resultaran con parámetros más altos, sin embargo, debido a que los residentes incluidos en el estudio no son una muestra representativa de la población de residentes de anestesiología, no se podría establecer un análisis comparativo que fuera estadísticamente significativo.

El presente estudio, es preliminar, seguirá valorándose mes con mes la cantidad de radiación a la que se encuentren expuestos éstos residentes de anestesiología durante 3 meses más para un total de 6 meses, de ésta manera, se pretende estimar una aproximación de la radiación anual acumulada de los 3 residentes de anestesiología que participan en el estudio. Los resultados de la dosimetría es reportada por la empresa con dos meses de atraso, es por ello que solo se contemplan para el presente estudio preliminar los meses de Abril, Mayo y Junio.

## **Discusión**

Se necesita contar con mayor capacidad económica para solventar los gastos de suministro de dosímetros personales a la totalidad de residentes que se encuentren expuestos a radiación ionizante durante su entrenamiento como anestesiólogos en el Hospital General del Estado de Sonora, debido a esto, no fue posible obtener un tamaño de muestra considerable para que el estudio resultara estadísticamente significativo.

Además de los residentes de anestesiología, se encuentran médicos residentes de otras áreas de la salud expuestos a radiación ionizante dentro del quirófano y a quienes sería interesante incluir en el estudio para que se tome conciencia por ellos mismos del riesgo al que se exponen y se tomen las medidas preventivas necesarias, ya que la radiación absorbida, si bien podría resultar mínima, es acumulable; sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, no se cuenta con la capacidad para solventar los gastos que el estudio genere.

## **Conclusiones**

Se encontró más radiación acumulada en el residente de anestesiología de segundo año. La cantidad de radiación ionizante medida durante el mes de Abril y Mayo del 2012 resultó similar para ambos grupos.

Se necesita un protocolo de estudio más amplio que abarque una muestra representativa correspondiente al total de residentes de anestesiología del Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours” para poder realizar un análisis comparativo estadísticamente significativo de la cantidad de radiación ionizante a la que se exponen tanto los residentes de radiología e imagen como los de anestesiología durante su formación como especialistas.

## **Recomendaciones**

Buscar el apoyo necesario para sustentar económicamente un protocolo de estudio mas amplio con dotación de dosímetros a la totalidad de residentes expuestos a radiación ionizante dentro de quirófano para establecer un promedio estadísticamente significativo de la cantidad de radiación acumulada en los mismos durante su entrenamiento en el Hospital General del Estado de Sonora “Dr. Ernesto Ramos Bours”.

Mientras tanto, es importante tomar las medidas preventivas necesarias para disminuir la exposición a radiación ionizante en la sala de quirófano con el uso de chalecos, collarines y lentes plomados, así como también protectores plomados para gónadas como lo establecen las Normas Oficiales Mexicanas descritas anteriormente en este estudio.



## **Glosario de abreviaturas**

AgBr Bromuro de Plata

POE Personal Ocupacionalmente Expuesto

LiF Fluoruro de Litio

CaF Fluoruro de Calcio

CIUR Comisión Internacional de Unidades de Radiación

CIPR Comisión Internacional de Protección Radiológica

SI Sistema Internacional

Gy Gray

Sv Sievert

mSv Milisievert

## **Bibliografía.**

1. Dr. Pedro Barbieri Bioseguridad En Quirófano. REV ARG. ANEST. 1995; 53: 3: 147-160
2. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>. Jorge Rickards Campbell / Ricardo Camaras Ross Las radiaciones II. El manejo de las Radiaciones Nucleares. Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica de la SEP y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
3. NOM-158-SSA1-1996, Salud ambiental. Especificaciones técnicas para equipos de diagnóstico médico con rayos X.
4. Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes. 26 de julio de 2001.
5. NOM-229-SSA 1- 2002, "Salud Ambiental. Responsabilidades sanitarias y Protección Radiológica en. Establecimientos de Diagnóstico Médico con Rayos X."
6. NORMA Oficial Mexicana NOM-008-NUCL-2011, Control de la contaminación radiactiva.
7. NOM- 026-NUCL-1999. "Vigilancia médica del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes".
8. NOM-002-SSA 2-1993. "Para la organización, funcionamiento e ingeniería sanitaria del servicio de radioterapia."
9. NOM-005-NUCL-1994. "Límites anuales de incorporación y concentraciones derivadas en aire de radionúclidos para POE."
10. NOM-146-SSA 1- 1996. "Salud ambiental. Responsabilidades sanitarias en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X."

11. NOM-156-SSA 1-1996. “Requisitos técnicos para las instalaciones en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.”