

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

EXPOSICIÓN A RAYOS X EN NIÑOS DE LA UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA DE PEDIATRÍA

Estudio descriptivo realizado en pacientes de la unidad de terapia intensiva de pediatría del Hospital San Juan de Dios, durante el período comprendido entre mayo de 2001 y enero de 2002.

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
De la Facultad de Ciencias Médicas  
De la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

CARLOS ARMANDO ZAMORA GONZÁLEZ

En el acto de su investidura de:

MÉDICO Y CIRUJANO

Guatemala de la Asunción, Marzo de 2002

# ❖ INDICE ❖

---

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	2
	A. Definición del área de estudio .....	2
	B. Delimitación y definición del problema .....	3
	C. Formulación del problema .....	3
III.	JUSTIFICACIÓN .....	4
IV.	OBJETIVOS .....	5
V.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	6
	A. Conceptos físicos de los rayos X .....	6
	B. Efectos biológicos y moleculares de los rayos X.....	7
	1. Dosis de radiación en niños .....	8
	2. Dosis absorbida .....	8
	3. Exposición .....	9
	4. Exposición a radiación por procedimientos diagnósticos .....	9
	C. Factores físicos y técnicos en la reducción de la exposición a rayos X .....	10
	1. Colimación de los rayos X .....	10
	2. Protección a gónadas y otros órganos .....	11
	3. Reducción del número de tomas .....	12
VI.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	13
	A. Metodología .....	13
	B. Recursos .....	19
VII.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	21
VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	31
IX.	CONCLUSIONES .....	33
X.	RECOMENDACIONES .....	34
XI.	RESUMEN .....	35
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
XIII.	ANEXOS .....	39

## I. INTRODUCCIÓN

---

Los estudios radiológicos se han constituido en una herramienta de valor incalculable en el apoyo del diagnóstico, tratamiento y seguimiento de las diferentes patologías que aquejan al ser humano. Sin embargo, su uso, como casi toda modalidad diagnóstica y terapéutica de la medicina, conlleva riesgos y potenciales complicaciones que exigen el entendimiento de la técnica y de sus mecanismos y efectos, con el fin de reducir el daño. La naturaleza de los estudios radiológicos en particular hace necesario observar regulaciones o protocolos con el fin de reducir la exposición del paciente al mínimo necesario.

El uso de estudios radiológicos cobra especial importancia en las unidades de terapia intensiva, especialmente la pediátrica. Estudios a nivel mundial han descrito que la cantidad de radiografías a las que se expone a pacientes de las unidades de terapia intensiva pediátricas es mucho mayor que en unidades de cuidados críticos de adultos. Por otro lado, se ha observado en los hospitales nacionales – incluyendo el Hospital San Juan de Dios – una aparente sobreutilización de los estudios radiológicos, aunado a la falta de aplicación de medidas básicas de protección radiológica por parte del personal técnico encargado de realizar las proyecciones.

A través de observaciones directas y revisión de expedientes clínicos y radiografías archivadas, se investigó acerca del uso de estos estudios en la unidad de terapia intensiva de pediatría del Hospital San Juan de Dios, así como los factores protectores utilizados en cada proyección. El propósito fue establecer la magnitud de la utilización de estos estudios, y dejar constancia de qué medidas protectoras están siendo llevadas a cabo para disminuir la exposición de los pacientes. De igual manera, se pretende proporcionar una revisión ordenada sobre la literatura más reciente, con el fin de dar a conocer al personal de salud la naturaleza de la radiación ionizante y los peligros inherentes a su empleo.

Se espera que los resultados de esta investigación puedan proyectarse hacia el mejoramiento de la calidad de atención al paciente de la unidad de terapia intensiva pediátrica, mediante la

implementación de medidas protectoras básicas, y la posible estructuración de protocolos que orienten hacia el uso racional de la radiación como ayuda diagnóstica y terapéutica.

## II. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

---

### A. Definición del área de estudio

Los estudios radiológicos son una fuente de información sumamente importante para el pediatra en la evaluación y tratamiento del infante severamente enfermo. Particularmente, la cantidad de procedimientos diagnósticos por rayos X que se realizan en niños es mucho mayor que en adultos<sup>[16,30]</sup>.

En varios países se han realizado investigaciones sobre las dosis de radiación derivadas de estudios diagnósticos en niños de unidades de terapia intensiva. Aunque no se ha encontrado razón para limitar las exposiciones necesarias, se ha mostrado preocupación general en cuanto a la sobreutilización de estudios radiológicos y al uso innecesario de radiación en las unidades de terapia intensiva pediátricas (UTIP)<sup>[16,40]</sup>.

Por tal razón, diversos comités internacionales han estandarizado medidas para la protección del infante que va a ser sometido a un estudio radiológico. El National Commission On Radiological Protection (NCRP) establece: “la dosis incurrida en los exámenes pediátricos de rayos X es de interés, ya que, en muchas circunstancias, una gran proporción del cuerpo del niño es incluida dentro del haz primario...”<sup>[30]</sup>.

En cuanto a las unidades de terapia intensiva de los hospitales nacionales guatemaltecos – entre ellos el Hospital General San Juan de Dios de la Ciudad Capital – se ha observado que existe tendencia a la sobreexposición de los pacientes a estudios radiológicos, sometiendo a los infantes a dosis diarias de radiación, las cuales en algunos casos son innecesarias. En repetidas ocasiones se han visto chequeos diarios de rutina para la totalidad de los pacientes de la unidad de intensivo, muchos de ellos sin tener indicación clínica aparente. Parte de esto se debe a que no se tiene conocimiento sobre los potenciales efectos biológicos de la radiación ionizante, así como al hecho de que los estudios radiológicos de tórax a repetición se han convertido en un medio para intentar detectar tempranamente niños con neumonías nosocomiales u otras complicaciones.

Además, es difícil que se contemplen medidas mínimas de protección al infante, tales como utilización de protectores para gónadas y colimación adecuada del haz de rayos X, entre otras.

La situación descrita anteriormente señala la necesidad de investigar varios aspectos relacionados con el área de estudio, tales como:

- Magnitud del problema en la unidad de terapia intensiva de pediatría del Hospital General San Juan de Dios
- Estructura y funcionamiento de los servicios radiológicos en UTIP
- Sobreutilización de estudios radiológicos y sobreexposición a rayos X en los niños de la UTIP
- Factores relacionados con la sobreutilización de estudios radiológicos
- Características de los niños de UTIP con mayor exposición a rayos X
- Utilización de medidas protectoras para el infante
- Condición de los equipos de rayos X portátiles asignados a la UTIP y materiales utilizados
- Dosis de radiación en procedimientos diagnósticos comunes
- Efectos biológicos a largo plazo derivados de la exposición repetida a rayos X
- Posicionamiento del equipo de rayos X en relación con los módulos, relación entre cada módulo, etc.

## B. Delimitación y definición del problema

Con base en algunos criterios de factibilidad, se consideraron los siguientes aspectos posibles de analizar e investigar:

- Número de estudios promedio por paciente y diagnósticos clínicos
- Tipos de estudios radiológicos más realizados
- Características de los grupos sometidos a mayor exposición
- Medidas protectoras para los niños utilizadas en cada exposición
- Condición del equipo de rayos X portátil asignado a la UTIP
- Factibilidad para la implementación de medidas protectoras y que disminuyan la exposición

### C. Formulación del problema

Identificar la exposición a radiación por rayos X en pacientes de la unidad de terapia intensiva de pediatría, por medio del número de radiografías tomadas, medidas de protección, aspectos técnicos y otros factores relacionados.

## III. JUSTIFICACIÓN

---

**S**e ha observado que, a nivel mundial, se realizan más estudios radiológicos por paciente en las unidades de terapia intensiva de pediatría que en la de adultos y otros servicios en general. Existen algunos factores que condicionan que el infante ingresado a estas unidades esté sometido a dosis mayores de rayos X, tales como menor cantidad de tejidos blandos, el hecho de que en muchas ocasiones una mayor área del niño es expuesta al haz de rayos, y la sobreutilización de los estudios radiológicos que se hace en algunas instituciones.

Con tal conocimiento, se hace necesario determinar la cantidad de radiación a la que se encuentran expuestos los infantes de la UTIP, así como establecer y dar a conocer medidas mínimas de protección al infante que sean factibles de implementar en un hospital nacional de recursos limitados. Tales medidas constituyen aspectos físicos, técnicos y cognoscitivos que deben ser aplicados por el personal responsable de la realización de los estudios, así como conocimientos acerca del uso de radiación diagnóstica que deben ser manejados por el personal médico a cargo de los pacientes.

#### IV. OBJETIVOS

---

##### A. General:

- Investigar sobre la utilización de estudios radiológicos y la sobreexposición a radiación por rayos X en niños de la unidad de terapia intensiva de pediatría, así como proporcionar medidas sencillas de protección radiológica que sean factibles de implementar en dicho servicio.

##### B. Específicos:

- Determinar la cantidad de estudios radiográficos realizados por paciente.
- Identificar los grupos de pacientes sometidos a mayor exposición.
- Determinar los factores técnicos que se llevan a cabo durante la realización de los estudios radiológicos.
- Investigar las medidas de protección al paciente que son utilizadas en el momento del estudio.

- Sugerir medidas físicas y aspectos técnicos que mejoren la protección del infante a la radiación y que sean fácilmente implementables.

## V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### A. CONCEPTOS FÍSICOS DE LOS RAYOS X

LOS RAYOS X emanan desde su punto de origen, atravesando los tejidos corporales hasta llegar a un detector que los registra según diferentes grados de penetración<sup>[7]</sup>. Estos rayos son una especie de radiación electromagnética capaz de ionizar la materia debido a su alto contenido de energía. Los rayos X muestran un comportamiento similar al de las partículas, denominándose a estas unidades "fotones"<sup>[5]</sup>.

La radiación se produce cuando un electrón de un átomo hace una transición de una órbita externa a una interna. Esta transición ocurre cuando hay un espacio vacante en una órbita interna de electrones y, por lo tanto, se encuentra en estado inestable<sup>[29]</sup>. La radiación emitida puede encontrarse en las porciones visible, ultravioleta o de rayos X del espectro electromagnético<sup>[7]</sup>.

Cuando se acelera un haz de electrones y se dispara a gran velocidad contra un blanco metálico, al chocar se produce radiación por la interacción. Para el efecto se utiliza un tubo al vacío (tubo de rayos X), el cual contiene un filamento de tungsteno (el cátodo) y un blanco de metal (el ánodo), que por lo general también está fabricado de tungsteno. Este material es utilizado debido a su particular resistencia a temperaturas extremadamente altas<sup>[30,38]</sup>.

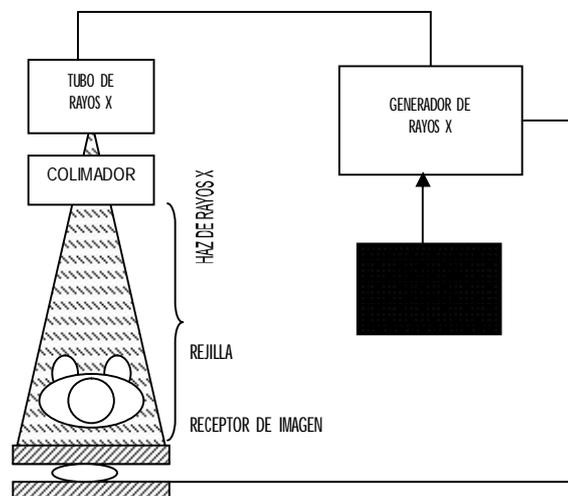


Figura 1. Componentes básicos y distribución de un sistema para obtener imágenes de rayos X.

El filamento se calienta por medio de una corriente eléctrica, y se coloca un alto voltaje entre el ánodo y el cátodo. Éste provoca que los electrones se desprendan del cátodo y se aceleren hacia el ánodo. Cuando chocan contra éste producen radiación, de la cual únicamente el 5% se manifiesta como rayos X, perdiéndose el resto en calor<sup>[5,18,45]</sup>.

El tubo de rayos X se encuentra completamente rodeado de plomo, dejando solamente una pequeña puerta de salida. Un generador de voltaje suministra la electricidad necesaria para el tubo de rayos X. Además, se coloca un colimador en la puerta de salida del tubo para limitar la amplitud del campo de los rayos X<sup>[22]</sup>.

Por lo general se utiliza un cronómetro electrónico para mantener la exposición a los rayos X durante un período preciso y finito. Actualmente se emplean circuitos fotocromométricos para terminar automáticamente las exposiciones después de que el receptor de imágenes haya recibido una determinada cantidad de radiación, a lo que se ha denominado "control automático de exposición". El técnico selecciona los parámetros e inicia la exposición desde una consola de control<sup>[13,25]</sup>.

El receptor de imagen es un dispositivo que puede detectar y registrar una imagen de rayos X. Se coloca detrás del paciente, distalmente a la fuente de rayos X. La absorción y transmisión diferencial de los rayos a través de los tejidos forman la base para la formación de la imagen en el receptor. El receptor es generalmente una película fotográfica, la cual debe ser revelada para obtener la imagen en dos dimensiones<sup>[5,7]</sup>(Figura 1).

## B. EFECTOS BIOLÓGICOS Y MOLECULARES DE LOS RAYOS X

---

Se ha determinado que la radiación utilizada en la radiología diagnóstica es potencialmente dañina. Los efectos se clasifican en dos amplias categorías: estocásticos y determinísticos<sup>[15]</sup>. Los efectos estocásticos son aquéllos en los que aumenta la probabilidad que se presenten a medida que aumenta la exposición a la radiación. Ejemplos de reacciones estocásticas son los efectos genéticos y los carcinogénicos<sup>[42]</sup>. Una característica importante es que la probabilidad, pero no así la gravedad del trastorno, guarda relación con la dosis de radiación<sup>[22,41]</sup>.

Los efectos determinísticos se relacionan con una dosis de radiación umbral por debajo de la cual no se observan tales efectos. Por encima de la dosis umbral la probabilidad de que se presenten tales efectos es del 100%, y su gravedad aumenta conforme se incrementa la dosis. Ejemplos de este

tipo de efectos son algunas reacciones cutáneas como eritema, depilación y descamación, así como cataratas, fibrosis y daño hematopoyético<sup>[24,41]</sup>.

La dosis umbral más baja que puede producir efectos determinísticos es de 2 a 3 gray (Gy), que al aplicarse en forma aguda produce el eritema transitorio inicial. Cuando esta exposición abarca un lapso amplio, la dosis umbral es mayor que en el caso de una exposición aguda, debido a la capacidad de las células para reparar el daño por radiación no letal<sup>[21,40]</sup>.

#### 1. Dosis de radiación en niños

La dosis de radiación depende tanto de la técnica como del equipo específico utilizado. El radiólogo debe ser capaz de estimar la dosis de radiación a la piel y gónadas para cualquier examen radiológico. En la sección de anexos se muestra una lista de la dosis máxima para piel y mínima para gónadas por proyección, para una variedad de exámenes<sup>[13,19]</sup>.

La dosis gonadal del haz primario de rayos X puede ser disminuida en un 90 – 95% con protectores adecuados<sup>[34]</sup>. La dosis gonadal depende de una colimación adecuada, si las gónadas no se encuentran dentro del área de interés. La dosis gonadal máxima (50 – 125 mrad por proyección) se registra cuando las gónadas se encuentran dentro del haz primario de los rayos X; esta dosis disminuye rápidamente a medida que aumenta la distancia entre éste y las gónadas<sup>[2,25]</sup>.

La dosis gonadal, con una colimación adecuadamente realizada, disminuye en un factor de aproximadamente 100 cuando se realizan radiografías de tórax, y en un factor de 1000 cuando se hacen estudios de cabeza o cuello<sup>[32,43]</sup>.

#### 2. Dosis absorbida

Se define como la energía impartida a la materia por partículas ionizantes por unidad por masa de material irradiado en el área de interés. La unidad de energía absorbida o dosis es llamada *gray* (Gy), y representa 1 joule (J) de energía absorbida (de cualquier radiación ionizante) por kilogramo de material<sup>[35,37]</sup>.

La unidad antigua para la dosis absorbida era el *rad* (radiación – dosis absorbida). Un rad es igual a la radiación necesaria para depositar 100 ergs (una unidad de energía o trabajo) de energía en 1 gramo de material. Se pueden hacer conversiones entre grays y rads fácilmente. Un rad equivale a un centigray (1/100 gray) o un gray = 100 rads<sup>[6,46]</sup>.

Antiguamente se utilizaba el rem para medir el daño biológico de la radiación. Un rem se calcula multiplicando la dosis en rad por un factor cualitativo, según el tipo de radiación con la que se esté trabajando. Debido a recomendaciones de la Comisión Internacional de Unidades de Radiación y Medidas, actualmente se ha reemplazado el rem por el *sievert* (Sv), el cual equivale a 1 J / kg, o 100 rem<sup>[46]</sup>.

### 3. Exposición

Se refiere a la cantidad de radiación a la cual se exponen las células vivientes. Es la cantidad de radiación que sale de la fuente de rayos X y llega hasta el paciente. La exposición es una propiedad de los fotones, principalmente por su habilidad para ionizar el aire. Se ha definido una unidad especial de exposición para los fotones de bajo nivel que se encuentran en las aplicaciones médicas. Esta unidad es conocida como *roentgen*<sup>[1,16]</sup>.

Un roentgen es una unidad de radiación la cual liberará una carga de  $2.58 \times 10^{-4}$  coulombs por kilogramo de aire seco. Un coulomb es una unidad de carga eléctrica que equivale a un amperio por segundo. Un roentgen es la exposición aproximada de la superficie del cuerpo para una proyección frontal de abdomen en un paciente de grosor promedio<sup>[6]</sup>.

### 4. Exposición a radiación por procedimientos diagnósticos

Durante los últimos años, la radiación ionizante ha cobrado más importancia como herramienta en el diagnóstico y tratamiento en diferentes campos de la medicina. Esto justifica la preocupación de diversos comités y entidades internacionales por la protección radiológica en procedimientos médicos, así como por los efectos biológicos secundarios a las pequeñas dosis de radiación más usuales<sup>[17,24]</sup>. Se ha estimado que la radiación derivada de aplicaciones médicas contribuye aproximadamente 1 mSv (29%) de la dosis de radiación anual promedio<sup>[31]</sup>.

Por lo general, el número de estudios radiológicos es mayor en las unidades de cuidado crítico, debido a que la gravedad del paciente amerita monitorización constante y con frecuencia exige controles repetidos por imágenes. Se ha demostrado que los procedimientos diagnósticos por rayos X se realizan con mucho mayor frecuencia en unidades de terapia intensiva pediátricas que en las de adultos<sup>[45]</sup>.

Además del mayor número de exámenes a los que se son sometidos los pacientes de las unidades intensivas pediátricas, existe preocupación por parte del personal acerca de las dosis de radiación que ellos mismos reciben secundariamente al encontrarse cerca de los módulos pediátricos al momento del disparo de los rayos, así como la radiación que pueden recibir los pacientes de otros módulos. Sin embargo, estudios realizados con anterioridad, como el de Poznanski, han determinado una distancia de aproximadamente 1 pie como límite de seguridad, a partir del cual la dosis de radiación es casi nula o no existe. Sin embargo, esta regla no es aplicable cuando se realizan estudios con un haz horizontal de rayos X<sup>[23,27]</sup>.

### C. FACTORES FÍSICOS Y TÉCNICOS EN LA REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RAYOS X

---

En la reducción de la exposición a rayos X en los pacientes intervienen varios factores físicos y técnicos, en los cuales se encuentra involucrado tanto el médico tratante (en este caso el pediatra), como el radiólogo y el técnico radiológico.

Existen factores inherentes a la física de la radiación, algunos de los cuales pueden y deben ser manipulados por el personal técnico al momento de realización del estudio. Otras medidas en las cuales se puede intervenir incluyen la reducción del número de tomas, lo cual depende en parte de la obtención de radiografías de suficiente calidad<sup>[12]</sup>. Sin embargo, el papel del médico tratante al tomar decisiones inteligentes que busquen la mayor información posible del menor número de radiografías es sumamente importante. El acrónimo en inglés ALARA o ALARP (As Low As Reasonably Achievable/Possible), que literalmente significa “tan bajo como sea razonablemente posible”, ha sido ampliamente difundido y da una idea clara de este concepto<sup>[39]</sup>.

#### 1. Colimación de los rayos X

La colimación es un método para reducir el tamaño del haz de rayos X que se proyecta sobre el paciente. Se modifica por medio de diafragmas especiales con los cuales el técnico guía un haz de luz que indica el área de impacto de los rayos X. Se han utilizado varios tipos de colimación, la que comúnmente se emplea es la rectangular, que permite manejar con cierta libertad los lados de un rectángulo para ajustarlos según el área que desee visualizarse<sup>[18]</sup>.

La colimación del haz de rayos X tiene importancia especial cuando se trata de recién nacidos y de niños pequeños, ya que son numerosos los casos en los cuales casi la totalidad del cuerpo del niño es proyectado dentro de una película convencional<sup>[33]</sup>. Además, en servicios como los de terapia

intensiva de pediatría, en los cuales la cantidad de estudios radiológicos es por lo general más elevada, hay exposición repetida e innecesaria de las gónadas cuando no se realiza una colimación adecuada<sup>[9]</sup>.

Se puede determinar si existió colimación al observar una película revelada, ya que aquellas que fueron colimadas mostrarán los bordes definidos dentro del campo de la misma película. Las normas de radiología pediátrica han establecido que en ningún momento el haz de rayos X debe ser mayor que el chasis<sup>[34]</sup>.

## 2. Protección a gónadas y otros órganos

A manera de principio general, toda radiación debe ser considerada potencialmente dañina para el niño. La reducción de la exposición a rayos X debe ser dirigida principalmente a órganos genética (gónadas) y somáticamente sensibles (tiroides, ojos y médula ósea). La dosis de radiación puede ser reducida tanto en las áreas del cuerpo examinadas como en aquellas no examinadas<sup>[20,41]</sup>.

Siempre es importante restringir el haz de rayos X al área mínima requerida. Como regla básica en la utilización de los rayos X, deberá hacerse uso de un campo lo suficientemente grande que permita visualizar las áreas de interés clínico, pero que evite al máximo la exposición de áreas que no son de información diagnóstica. De tal manera, no es adecuado que se realicen estudios de tórax en los cuales se exponga abdomen y gónadas, por ejemplo. Lo mismo sucede con otras áreas del cuerpo.

Especialmente en niños pequeños, la probabilidad de que las gónadas se encuentren ubicadas dentro del haz primario de rayos X es relativamente grande. Esto se observa con mayor frecuencia cuando no se realiza una colimación adecuada, y siempre y cuando no se utilice algún otro medio para bloquear el paso de los rayos.

Se han diseñado protectores o escudos de plomo para gónadas infantiles, los cuales tienen como objetivo evitar la exposición directa a los rayos X, y son de principal utilidad en las unidades de terapia intensiva de neonatos y de pediatría en general<sup>[14]</sup>. Estos protectores deben ser utilizados toda vez que las gónadas se encuentren posicionadas a 5 cm o menos del haz primario de los rayos X<sup>[8,29]</sup>.

Tabla no. 1. Métodos para la reducción de la exposición a los rayos X

- 
- ⇒ Reducción de la dosis al área examinada
    - Selección de la modalidad de imagen más apropiada
    - Evitar la repetición innecesaria de estudios
    - Adequar los estudios a cada paciente
    - Reducir el número de estudios radiológicos
    - Escoger adecuadamente películas y pantallas
    - Procesar las películas adecuadamente
  
  - ⇒ Reducción de la dosis a áreas no examinadas
    - Selección de la modalidad de imagen más apropiada
    - Usar colimación estrecha
    - Inmovilizar al paciente
    - Seleccionar la posición más adecuada
    - Proteger gónadas
-

Se ha calculado que una capa de plomo de tan sólo 0.5~1 mm de grosor es capaz de disminuir la dosis de radiación recibida por las gónadas hasta en un 90%. El 10% restante corresponde a radiación recibida a través de órganos y tejidos adyacentes<sup>[17]</sup>.

En el caso de estudios radiográficos de abdomen, es técnicamente más difícil evitar que las gónadas se encuentren dentro del haz primario, principalmente en el caso de niñas, ya que por lo general los ovarios se encuentran dentro del campo de interés. No obstante, los testículos deben ser protegidos en todos los estudios de abdomen y pelvis<sup>[3,11]</sup>.

Los protectores para gónadas se pueden construir fácilmente utilizando modelos ya establecidos según edad y sexo. Estos protectores se cortan en una variedad de formas y tamaños a partir de hojas de vinil con plomo de 0.5 a 1 mm de grosor. Después de seleccionar el protector adecuado de acuerdo a la edad del paciente, el margen inferior del protector se coloca a nivel del pubis. El margen superior debería de cubrir por lo menos la porción inferior de las uniones sacroilíacas<sup>[20]</sup>.

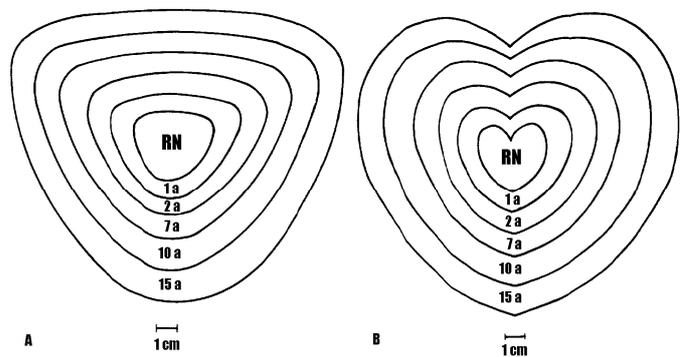


Figura no. 2. Moldes para elaboración de escudos gonadales de plomo. A = femenino B = masculino RN = Recién nacido. Modificado de Kirks D. "Practical Pediatric Imaging. Diagnostic radiology of infants and children" 2ª Edición. Little, Brown and Co. EE.UU. 1991.

Existe otro tipo de protectores para gónadas que consisten en placas transparentes con escudos de plomo que son colocadas en el diafragma del haz de luz. Estas placas tienen diferentes formas, y deben posicionarse según la sombra que proyecten a través del haz de luz sobre la superficie del paciente. Sin embargo, este tipo de protector no es tan práctico como el que se mencionó anteriormente, y actualmente casi está en desuso<sup>[24]</sup>.

### 3. Reducción del número de tomas

Pedrosa menciona como medida importante la "supresión de las radiografías inútiles". Enfatiza que con esto no se pretende discutir los problemas de la indicación o no de los exámenes, sino la mentalización del médico tratante para obtener únicamente el número de radiografías necesarias para el diagnóstico<sup>[26,36]</sup>.

Aquí se incluyen necesariamente factores técnicos, ya que una radiografía de adecuada calidad dependerá de un equipo de rayos X en buen estado, un buen generador, el uso o no de parrillas, y un

ajuste óptimo de cada parámetro. La existencia de exposímetros automáticos que controlan la calidad de las radiografías ha influido positivamente en la reducción del número de tomas y por ende de la dosis que el paciente recibe<sup>[4,10]</sup>.

## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

---

### A. METODOLOGÍA

---

#### 1. Tipo de estudio:

El estudio es de tipo descriptivo y ambispectivo.

#### 2. Área de estudio:

El área de estudio fue la unidad de terapia intensiva de pediatría (UTIP). Ésta se seleccionó debido a que es, junto con la unidad de cuidados intensivos de neonatos (UCIN), el servicio en el cual se ordenan más estudios radiológicos por paciente.

La UTIP se encuentra ubicada en el primer nivel correspondiente al departamento de pediatría del Hospital General San Juan de Dios. Dicho servicio se encuentra dividido en dos secciones principales: el área de cuidados intensivos propiamente dicha y el área de observación de la UTIP.

En la primera se encuentran los pacientes en estado más crítico, quienes ameritan atención de personal de intensivo, así como equipo especializado y monitorización constante. El área de observación es un área adyacente que ocupa otro espacio físico, en el cual hay pacientes quienes requieren observación constante, pero quienes se encuentran allí por no ameritar cuidados propios de una unidad de intensivo, o bien por falta de espacio para permanecer en dicha unidad.

La UTIP cuenta generalmente con espacio para 7 a 8 cunas o módulos pediátricos, y otras 10 cunas adicionales para el área de observación. Se cuenta con ventiladores mecánicos pediátricos de flujo y algunos monitores cardíacos externos. La unidad cuenta con abastecimiento de aire, oxígeno y succión, así como generador de electricidad para garantizar el flujo eléctrico constante a los ventiladores.

Existe un equipo de rayos X portátil marca SIEMENS, modelo Polymobil III, el cual funciona únicamente para las áreas de UTIP y de observación de la UTIP. Las paredes de la UTIP no cuentan con relleno de plomo o de algún otro material radioprotector.

De acuerdo con el sistema actual, el médico tratante (usualmente médico residente) ordena los estudios en las papeletas de los pacientes correspondientes, y un técnico radiológico es el encargado de ir a realizar los estudios.

### 3. Universo y muestra:

#### a) Universo:

Se tomó como universo la población de niños ingresados a la unidad de terapia intensiva de pediatría durante el periodo comprendido entre mayo del año 2001 y enero del año 2002.

#### b) Unidad de observación:

Las unidades de observación fueron los niños durante el momento de realización de los estudios, el equipo de rayos X portátil, factores técnicos, los expedientes clínicos y archivos radiológicos de cada paciente.

#### c) Unidad de análisis:

La unidad de análisis fueron los expedientes clínicos y radiografías archivadas de cada paciente.

#### d) Tamaño total de la muestra:

Para cumplir los objetivos del presente estudio se trabajó con dos muestras separadas. La primera de ellas fue constituida por niños y niñas ingresados a la UTIP durante el período comprendido entre mayo y septiembre del año 2001 ( $n = 254$ ). Ésta fue estudiada de manera retrospectiva por medio de los expedientes clínicos de las radiografías archivadas, y se investigaron datos tales como número de estudios realizados por edad y sexo, diagnóstico principal, revisión de colimación y protección a gónadas, etc. La segunda muestra la

constituyeron los pacientes ingresados durante el período comprendido entre octubre del 2001 y enero del 2002 (n = 158). En ellos se realizaron observaciones directas de los factores técnicos involucrados en la realización de los estudios, específicamente colimación y protección gonadal, de manera prospectiva, con tabla de cotejo.

#### 4. Criterios de inclusión y exclusión:

##### a) Criterios de inclusión:

- Niños y niñas entre 0 y 5 años.
- Pacientes egresados de la UTIP durante los meses de mayo a septiembre del año 2001, para la revisión de expedientes clínicos y radiografías; y pacientes ingresados en la UTIP durante los meses de octubre del año 2001 a enero del año 2002, para el estudio observacional.

##### b) Criterios de exclusión:

- Niños y niñas mayores de 5 años.
- Pacientes quienes estuvieron ingresados por menos de un día.
- Pacientes quienes se encontraron ingresados al momento de la revisión del expediente clínico.

#### 5. Definición de variables:

##### a) Variables principales:

- Exposición a la radiación
- Tipos de estudios radiológicos

- Edad de los niños y niñas
- Sexo de cada paciente
- Diagnósticos principales
- Factores de protección radiológica

b) Operacionalización de las variables:

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	UNIDAD DE MEDIDA
Exposición a la radiación	Mayor o menor contacto con el haz de rayos X, sea directo o indirecto.	Cantidad de estudios.	○ Número de estudios radiológicos efectuados por paciente en el período determinado.
Tipos de estudios radiológicos	Clasificación del examen según área de interés.	Estudios radiológicos de tórax, abdomen, cráneo, huesos largos y otros.	○ Número de estudios.
Edad	Tiempo que el paciente ha vivido desde su nacimiento.	Tomado del expediente clínico.	○ Meses y años.
Sexo	Característica biológica que determina el género de cada paciente.	Tomado de los expedientes clínicos y del examen físico.	○ Masculino y femenino.
Diagnósticos	Probabilidad de padecer determinada enfermedad.	Diagnósticos anotados en la orden de los estudios solicitados.	○ Probabilidad del diagnóstico (neumonía, sepsis, enfermedad diarreica, etc.).
Factores técnicos de protección radiológica	Medidas llevadas a cabo por el técnico de rayos X, relacionadas con la protección radiológica de cada paciente.	Colimación del haz de rayos X.	○ Determinar si existió colimación adecuada del haz principal de rayos X al momento de realizar el examen y en las radiografías

		Uso de protectores para gónadas.	<p>archivadas.</p> <p>○ Determinar si se utilizaron protectores de plomo para gónadas durante el momento de realización del estudio, así como en las radiografías archivadas.</p>
--	--	----------------------------------	---

## 6. Métodos e instrumentos de recolección de datos:

El estudio provee información concisa acerca de la cantidad y tipos de estudios radiológicos a la que fueron sometidos los pacientes de la UTIP, número y tipo de estudios por diagnóstico, cantidad de estudios según edad y sexo de los pacientes, así como aspectos técnicos observados para la reducción de la dosis de radiación.

Se consideraron las siguientes características importantes con relación al instrumento y recolección de los datos:

- Para procurar datos confiables no se dio información detallada acerca del estudio al personal técnico ni médico tratante.
- La observación de los eventos (realización de los estudios radiológicos) se hizo en días no hábiles, es decir, cuando el médico residente de turno se encontró a cargo de la UTIP, por lo que se cree haber evaluado los diferentes grupos de turno que laboran en el hospital.
- No fue necesario la utilización de bata de plomo para realizar las observaciones de la toma de radiografías.
- Se realizó un promedio de 10 observaciones semanales, lo que constituyó un total de 158 pacientes en un período de 4 meses.
- Todas las revisiones de radiografías archivadas se hicieron en el departamento de archivo, ya que no fue permitido extraer las radiografías del área.

Se elaboraron dos formularios, de los cuales uno fue utilizado para la revisión de expedientes clínicos y radiografías archivadas, y otro para el registro de las observaciones realizadas con cada estudio.

El formulario que se empleó para la revisión de expedientes fue diseñado para recolectar información acerca de la edad y sexo del paciente, y permite además la introducción de varios diagnósticos o impresiones clínicas. Se hizo un apartado en el cual se anotó el número de los diferentes tipos de estudios realizados para cada paciente, y el período en días que estuvo internado.

La última parte del formulario buscó registrar si existió o no colimación del haz de rayos X, así como la calidad de la misma. También se pudo verificar si se realizó algún tipo de protección gonadal. Para el efecto, estos dos últimos aspectos se categorizaron en una tabla de cotejo con las siguientes opciones: (1) sí existió (ya sea colimación o protección), (2) existió pero fue inadecuada, y (3) no existió. Esta parte se basó en la revisión de radiografías archivadas.

Se diseñó un segundo formulario para la otra parte del estudio, que consistió en las observaciones directas de los exámenes radiológicos realizados por los técnicos. Para este fin se estructuró un instrumento similar al primero, en el que se valoran datos tales como colimación y protección a gónadas, edad y sexo del paciente.

Ambos formularios se diseñaron de manera simple y con instrucciones claras, para facilitar su manejo. Se muestran ambos instrumentos en la sección de anexos.

## 7. Plan de tabulación y análisis:

Debido a la naturaleza del estudio la cantidad de datos fue pequeña, por lo que su manejo estadístico e interpretación fueron sencillos.

Se consideró que las variables debían categorizarse en los siguientes grupos:

- Cantidad de estudios realizados
- Factores de protección radiológica

Las siguientes variables son presentadas en cuadros, tanto en forma individual como cruzadas:

a) Cantidad de estudios realizados

- Promedio de proyecciones totales según sexo.
- Promedio de proyecciones diarias según sexo.
- Promedio de proyecciones totales según diagnóstico principal.
- Promedio de proyecciones diarias según diagnóstico principal.
- Promedio de proyecciones totales según grupo etéreo.
- Promedio de proyecciones diarias según grupo etéreo.
- Proporción de los diferentes tipos de exámenes radiológicos efectuados.

b) Factores de protección radiológica

- Proporción de estudios archivados en los cuales se realizó colimación adecuada o inadecuada de los rayos X.
- Número de observaciones directas que muestran colimación adecuada del haz primario.
- Proporción de pacientes en quienes se observó protección gonadal.
- Proporción de estudios archivados que evidencian protección gonadal.

El análisis fue de tipo descriptivo, utilizándose el arreglo ordenado, la distribución de frecuencias, agrupación de datos, porcentajes y medidas de dispersión para la determinación de la magnitud de la exposición de los pacientes.

## B. RECURSOS

---

A continuación se presentan los recursos con que se contó para la realización del estudio.

(1) Materiales:

- Una computadora personal con procesador de palabras, hoja electrónica y base de datos.
- Cinco cientos de papel bond blanco tamaño carta.

- Una impresora láser 600 ppp con tóner.
- Material de escritorio.

(2) Institucionales:

- Departamento de Archivos Radiológicos del Hospital General San Juan de Dios.
- Departamento de Registro Médico del hospital.
- Unidad de Terapia Intensiva de Pediatría.
- Asociación de Imágenes Diagnósticas y Terapia Radiante.
- Comité de Energía y Minas.

(3) Humanos:

- Técnicos radiológicos laborantes en el hospital.
- Médicos residentes de turno y personal de enfermería en la unidad de terapia intensiva de pediatría.
- Pacientes de la unidad de terapia intensiva de pediatría.

## VII. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

CUADRO No. 1

### PROMEDIO DE PROYECCIONES DURANTE LA ESTANCIA - DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y DIAGNÓSTICO PRINCIPAL - Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

DIAGNÓSTICO PRINCIPAL	NÚMERO DE CASOS		NÚMERO DE PROYECCIONES (*)		TOTAL DE PROYECCIONES (ξ)
	M	F	M	F	
NEUMONÍA	79	62	573 (7.25 ± 6.28)	475 (7.66 ± 6.51)	1048 (7.43 ± 6.37)
SÍNDROME CONVULSIVO	10	7	75 (7.5 ± 4.5)	33 (4.71 ± 3.25)	108 (6.35 ± 4.17)
DIARREA LÍQUIDA AGUDA	8	11	23 (2.88 ± 1.36)	27 (2.45 ± 1.51)	50 (2.63 ± 1.42)
MENINGITIS	8	-	59 (7.38 ± 6.75)	-	59 (7.38 ± 6.75)
SEPSIS	7	11	54 (7.71 ± 8.9)	44 (4 ± 2.57)	98 (5.44 ± 5.94)
POST – INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA	5	-	57 (11.4 ± 6.58)	-	57 (11.4 ± 6.58)
TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO	4	7	29 (7.25 ± 3.77)	67 (9.57 ± 4.08)	96 (8.73 ± 3.95)
CHOQUE SÉPTICO	3	-	19 (6.33 ± 2.08)	-	19 (6.33 ± 2.08)
OBSTRUCCIÓN O PERFORACIÓN INTESTINAL, DISTENSIÓN ABDOMINAL	3	4	28 (9.33 ± 5.86)	53 (13.25 ± 3.1)	81 (11.57 ± 4.54)

SIRPA	2	-	11 (5.5 ± 2.12)	-	11 (5.5 ± 2.12)
DIABETES MELLITUS	2	-	12 (6 ± 2.83)	-	12 (6 ± 2.83)
HEMO / NEUMOTÓRAX	-	4	-	41 (10.25 ± 5.5)	41 (10.25 ± 5.5)
OTROS	9	8	44 (4.89 ± 2.26)	36 (4.5 ± 4.34)	80 (4.71 ± 3.29)
TOTALES	140	114	984 (7.03 ± 5.83)	776 (6.81 ± 5.78)	1760 (6.93 ± 5.80)

( \* ) : Se indica el promedio entre paréntesis.

M = Masculino    F = Femenino

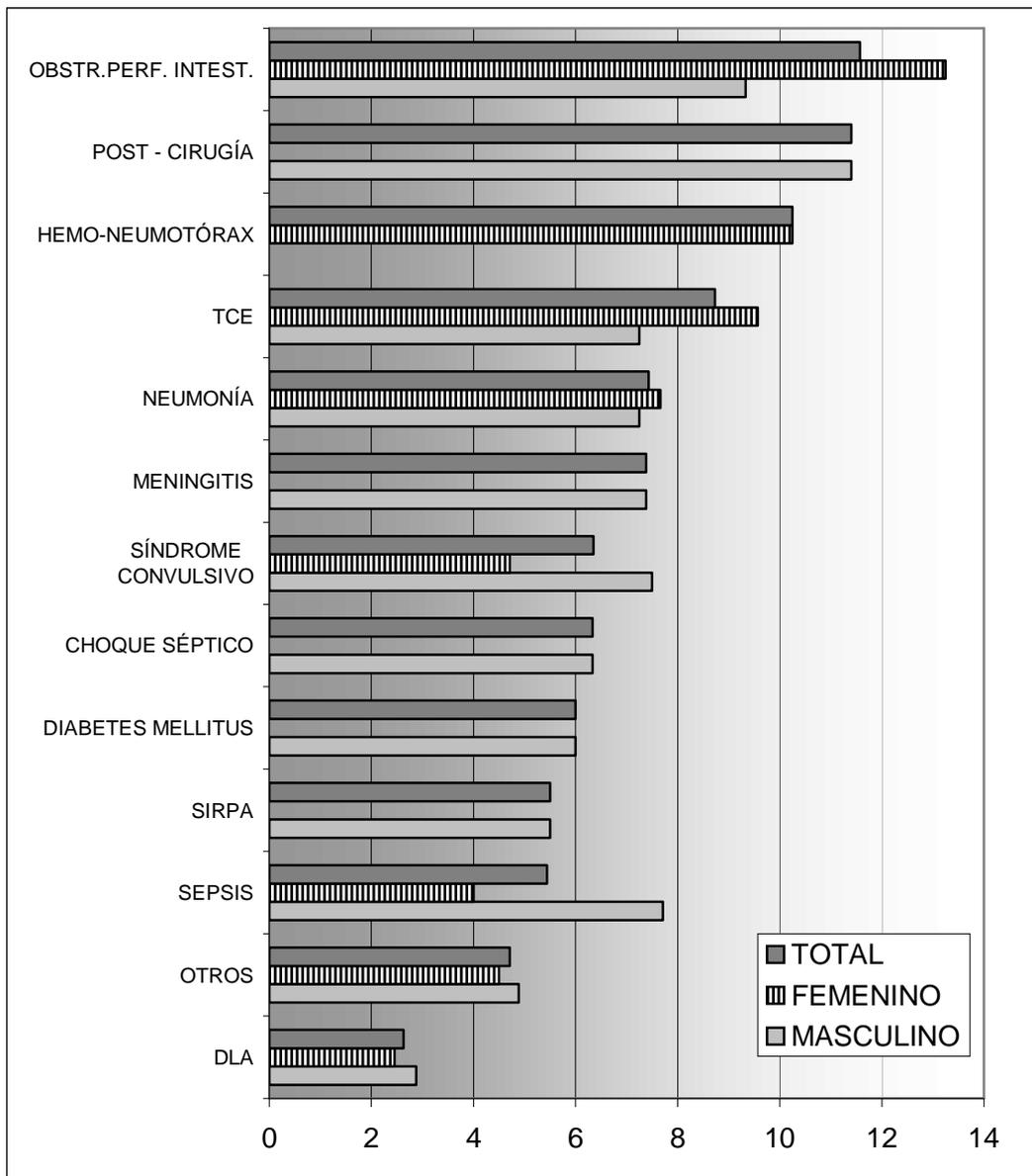
Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

GRÁFICO No. 1

## PROMEDIO DE PROYECCIONES DURANTE LA ESTANCIA

- DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y DIAGNÓSTICO PRINCIPAL -

Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001



TCE = Trauma Craneoencefálico      DLA = Diarrea Líquida Aguda  
 OBST.PERF.INTEST. = Obstrucción o perforación intestinal, incluyendo distensión abdominal.  
 SIRPA = Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda o del "Adulto".

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

CUADRO No. 2

## PROMEDIO DE PROYECCIONES DIARIAS

- DISTRIBUCIÓN POR SEXO -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

SEXO	PROMEDIO
MASCULINO	1.88 ± 0.91
FEMENINO	1.85 ± 0.97
TOTAL DE LA POBLACIÓN	1.87 ± 0.93

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

CUADRO No. 3

**PROMEDIO DE PROYECCIONES DIARIAS**  
- DISTRIBUCIÓN SEGÚN DIAGNÓSTICO PRINCIPAL -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

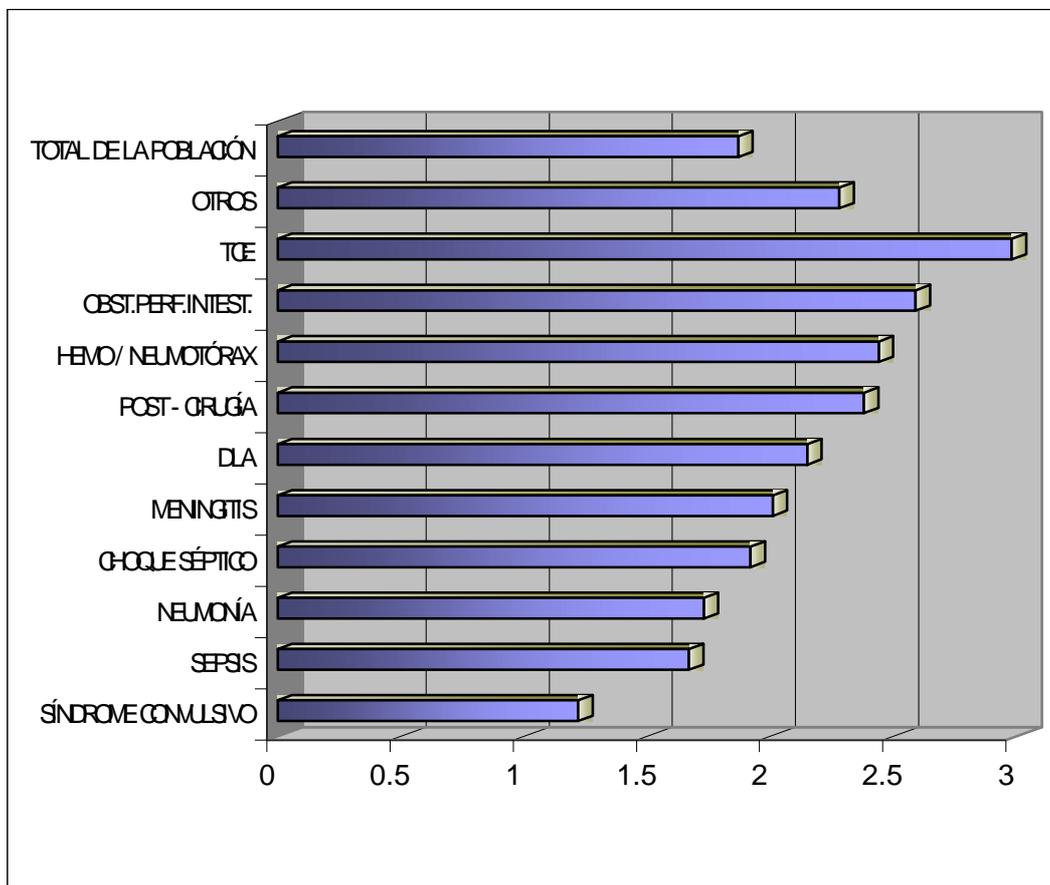
DIAGNÓSTICO PRINCIPAL	PROMEDIO
NEUMONÍA	1.73 ± 0.7
SÍNDROME CONVULSIVO	1.22 ± 0.48
DIARREA LÍQUIDA AGUDA	2.15 ± 1.24
MENINGITIS	2.01 ± 0.68
TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO	2.98 ± 1.62
POST – INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA	2.38 ± 1.06
CHOQUE SÉPTICO	1.92 ± 0.14
SEPSIS	1.67 ± 0.94
HEMO / NEUMOTÓRAX	2.44 ± 1.42
OBSTRUCCIÓN INTESTINAL O DISTENSIÓN ABDOMINAL	2.59 ± 0.66
OTROS	2.28 ± 1.35
TOTAL DE LA POBLACIÓN	1.87 ± 0.93

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

GRÁFICO No. 2

**PROMEDIO DE PROYECCIONES DIARIAS**

- DISTRIBUCIÓN SEGÚN DIAGNÓSTICO PRINCIPAL -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001



TCE = Trauma Craneoencefálico      DLA = Diarrea Líquida Aguda  
OBST.PERF.INTEST. = Obstrucción o perforación intestinal, incluyendo distensión abdominal.

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

CUADRO No. 4

**PROMEDIO DE PROYECCIONES DURANTE LA ESTANCIA**  
- DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y GRUPO DE EDAD -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

GRUPO DE EDAD	NÚMERO DE CASOS		NÚMERO DE PROYECCIONES (*)		TOTAL DE PROYECCIONES (ξ)
	M	F	M	F	
< 1 MES	15	13	110 (7.33 ± 5.45)	144 (11.08 ± 8.82)	254 (9.07 ± 7.32)
1 - 11 MESES	83	67	634 (7.64 ± 6.07)	434 (6.48 ± 5.51)	1068 (7.12 ± 5.83)
1 - 5 AÑOS	42	34	240 (5.71 ± 5.37)	198 (5.82 ± 4.14)	438 (5.76 ± 4.83)
TOTAL	140	114	984 (7.03 ± 5.83)	776 (6.81 ± 5.78)	1760 (6.93 ± 5.80)

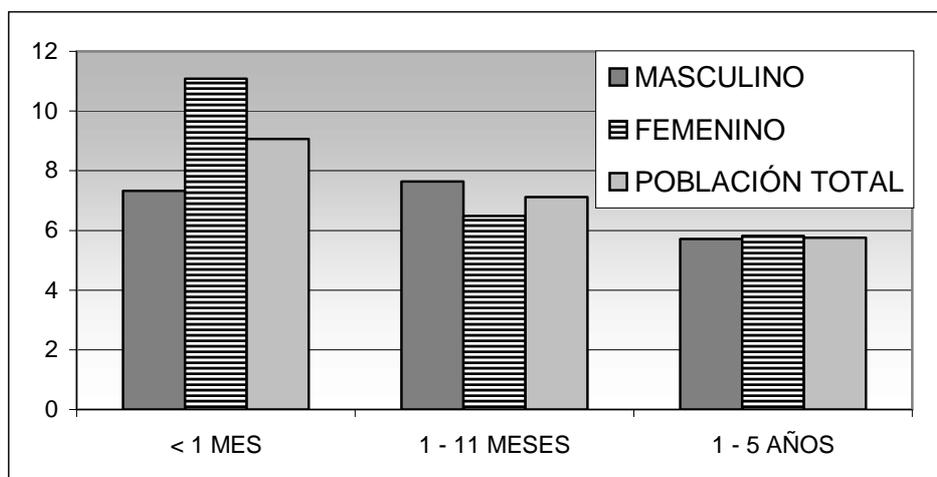
(\*) : Se indica el promedio entre paréntesis.

M = Masculino F = Femenino

GRÁFICO No. 3

### PROMEDIO DE PROYECCIONES DURANTE LA ESTANCIA

- DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y GRUPO DE EDAD -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo - Septiembre 2001



Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

CUADRO No. 5

### PROMEDIO DE PROYECCIONES DIARIAS

- DISTRIBUCIÓN SEGÚN GRUPO DE EDAD -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

GRUPO DE EDAD	PROMEDIO
< 1 MES	1.65 ± 0.50
1 – 11 MESES	1.82 ± 0.89
1 – 5 AÑOS	2.07 ± 1.16
TOTAL DE LA POBLACIÓN	1.87 ± 0.93

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

CUADRO No. 6

**PROPORCIÓN DE PROYECCIONES DURANTE LA ESTANCIA**  
- DISTRIBUCIÓN POR SEXO -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

PROYECCIÓN	No. PROYECCIONES		TOTAL (%)
	M (%)	F (%)	
TÓRAX AP/PA	768 (78.05)	619 (79.77)	1387 (78.81)
ABDOMEN AP/PA	154 (15.66)	93 (11.98)	247 (14.03)
TÓRAX LAT	20 (2.03)	21 (2.71)	41 (2.33)
ABDOMEN LAT	16 (1.63)	4 (0.52)	20 (1.14)
CRÁNEO AP/PA	10 (1.02)	9 (1.16)	19 (1.08)
CRÁNEO LAT	9 (0.91)	7 (0.90)	16 (0.9)
PELVIS AP/PA y LAT	3 (0.30)	8 (1.03)	11 (0.63)
CERVICALES	2 (0.20)	7 (0.90)	9 (0.51)
OTROS	2 (0.20)	8 (1.03)	10 (0.57)
TOTAL	984 (100)	776 (100)	1760 (100)

(%) : Se indica el porcentaje en relación al total de masculinos y femeninos.

M = Masculino

F = Femenino

AP = Anteroposterior

PA = Posteroanterior

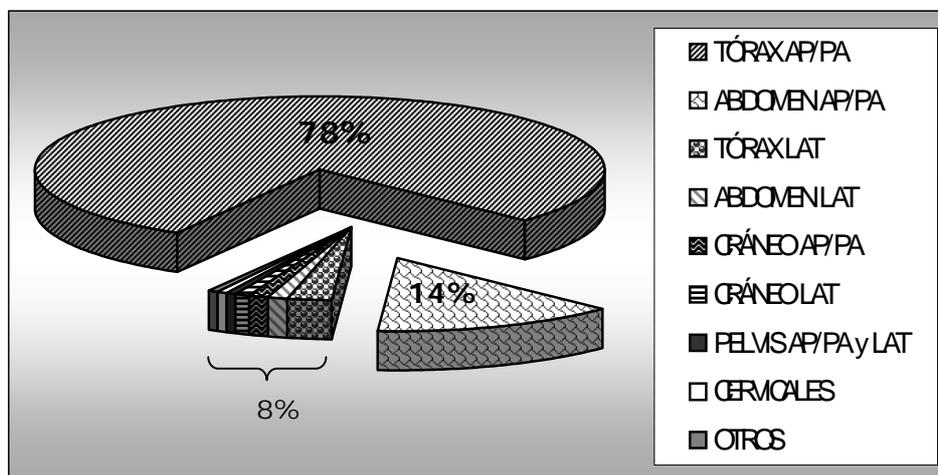
LAT = Lateral

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

GRÁFICO No. 4

## PROPORCIÓN DE PROYECCIONES DURANTE LA ESTANCIA

- DISTRIBUCIÓN SEGÚN TIPO DE PROYECCIÓN -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001



AP = Anteroposterior PA = Posteroanterior LAT = Lateral

Fuente: Expedientes clínicos y radiografías archivadas.

CUADRO No. 7

## COLIMACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X

- DISTRIBUCIÓN POR SEXO -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

CALIDAD DE LA COLIMACIÓN	No. DE PROYECCIONES		TOTAL (%)
	M (%)	F (%)	
No se observa colimación	118 (84.29)	87 (76.32)	205 (80.71)
Hay colimación, pero ésta es inadecuada	13 (9.29)	12 (10.53)	25 (9.84)
Hay colimación adecuada	9 (6.42)	15 (13.15)	24 (9.45)
TOTAL	140 (100)	114 (100)	254 (100)

(%) : Se indica el porcentaje en relación al total de masculinos y femeninos.

M = Masculino F = Femenino

Fuente: Radiografías archivadas.

CUADRO No. 8

**PROTECCIÓN A GÓNADAS**  
- DISTRIBUCIÓN POR SEXO -  
Hospital San Juan De Dios, Mayo – Septiembre 2001

CALIDAD DE LA PROTECCIÓN	No. DE PROYECCIONES		TOTAL (%)
	M (%)	F (%)	
No se observa protección	91 (65)	76 (66.67)	167 (65.75)
Hay, pero es inadecuada	-	-	-
Hay protección adecuada	-	-	-
No evaluable	49 (35)	38 (33.33)	87 (34.25)
<b>TOTAL</b>	<b>140 (100)</b>	<b>114 (100)</b>	<b>254 (100)</b>

(%) : Se indica el porcentaje en relación al total de masculinos y femeninos.  
M = Masculino    F = Femenino

Fuente: Radiografías archivadas.

CUADRO No. 9

**COLIMACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X**  
- DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y GRUPO DE EDAD -  
Hospital San Juan De Dios, Octubre 2001 – Enero 2002

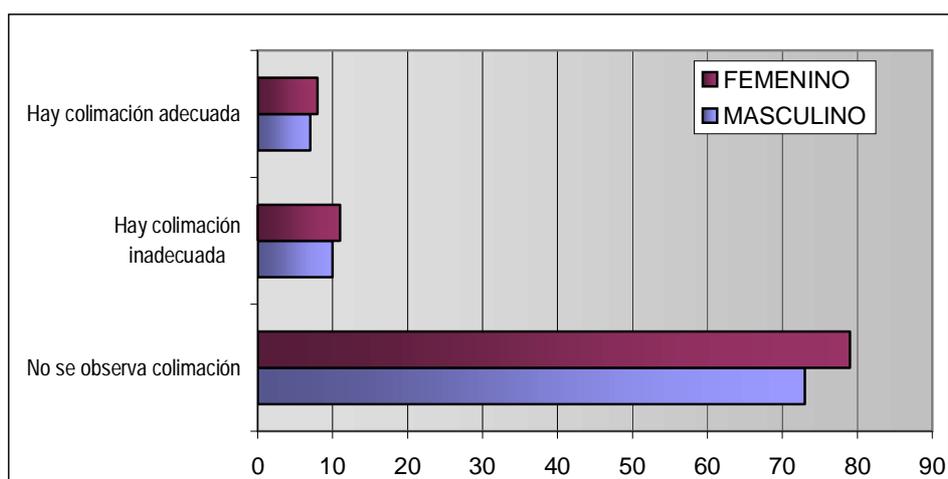
CALIDAD DE LA COLIMACIÓN	< 1 MES		1 – 11 MESES		1 – 5 AÑOS		TOTAL (%)
	M (%)	F (%)	M (%)	F (%)	M (%)	F (%)	
No se observa colimación	3 (75)	5 (62.5)	42 (80.77)	30 (71.43)	28 (82.35)	14 (77.78)	122 (77.22)
Hay colimación inadecuada	1 (25)	3 (37.5)	7 (13.46)	7 (16.67)	2 (5.89)	1 (5.55)	21 (13.29)
Hay colimación adecuada	-	-	3 (5.77)	5 (11.90)	4 (11.76)	3 (16.67)	15 (9.49)
<b>TOTAL</b>	<b>4 (100)</b>	<b>8 (100)</b>	<b>52 (100)</b>	<b>42 (100)</b>	<b>34 (100)</b>	<b>18 (100)</b>	<b>158 (100)</b>

(%) : Se indica el porcentaje en relación al total de masculinos y femeninos.  
M = Masculino    F = Femenino

Fuente: Observaciones realizadas en la Unidad de Terapia Intensiva de Pediatría.

GRÁFICO No. 5

**COLIMACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X**  
 - DISTRIBUCIÓN POR SEXO -  
 Hospital San Juan De Dios, Octubre 2001 – Enero 2002



Fuente: Observaciones realizadas en la Unidad de Terapia Intensiva de Pediatría.

CUADRO No. 10

**PROTECCIÓN A GÓNADAS**  
 - DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y GRUPO DE EDAD -  
 Hospital San Juan De Dios, Octubre 2001 – Enero 2002

CALIDAD DE LA PROTECCIÓN	< 1 MES		1 – 11 MESES		1 – 5 AÑOS		TOTAL (%)
	M (%)	F (%)	M (%)	F (%)	M (%)	M (%)	
No se observa protección	3 (75)	6 (75)	45 (86.54)	33 (78.57)	28 (82.35)	15 (83.33)	130 (82.28)
Hay, pero es inadecuada	-	-	-	-	-	-	-
Hay protección adecuada	-	-	-	-	-	-	-
Fuera del haz de rayos X	1 (25)	2 (25)	7 (13.46)	9 (21.43)	6 (17.65)	3 (16.67)	28 (17.72)
<b>TOTAL</b>	<b>4 (100)</b>	<b>8 (100)</b>	<b>52 (100)</b>	<b>42 (100)</b>	<b>34 (100)</b>	<b>18 (100)</b>	<b>158 (100)</b>

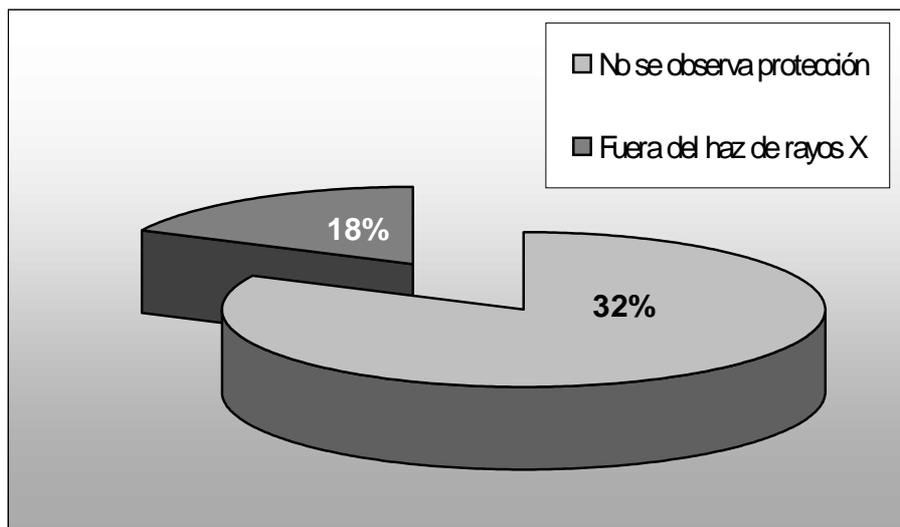
(%) : Se indica el porcentaje en relación al total de masculinos y femeninos.  
 M = Masculino    F = Femenino

Fuente: Observaciones realizadas en la Unidad de Terapia Intensiva de Pediatría.

GRÁFICO No. 6

### PROTECCIÓN A GÓNADAS

Hospital San Juan De Dios, Octubre 2001 – Enero 2002



Fuente: Observaciones realizadas en la Unidad de Terapia Intensiva de Pediatría.

## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

Se determinó que los pacientes de la unidad de terapia intensiva de pediatría son sometidos diariamente a estudios radiológicos, la cantidad de la exposición varía en base al número de proyecciones y a los diagnósticos. Si bien, como ya se ha mencionado, los estudios radiológicos son importantes en el diagnóstico y seguimiento de numerosas patologías, considero que en algunos casos éstos pueden no ser indispensables o no encontrarse justificados. Para poder objetivizar este aspecto es necesario realizar un estudio más amplio que examine casos individuales y evalúe las justificaciones de los exámenes.

No obstante, debido a que la justificación de cada estudio es criterio del médico de turno, y depende en gran medida de la condición del paciente, es sumamente difícil crear protocolos que determinen efectivamente la cantidad de radiografías a las que debe someterse a cada uno. No he encontrado que exista tal protocolo al revisar la literatura existente. Por lo tanto, es deber del médico de turno evaluar daño/beneficio al solicitar un estudio radiológico. De esta manera puede buscarse la mentalización del médico tratante para obtener únicamente el número de radiografías necesarias para el diagnóstico.

Además, creo conveniente investigar acerca del conocimiento básico que poseen los médicos de la UTIP sobre temas de protección radiológica. Para tal efecto, sugeriría que se incluyeran elementos de radioprotección en el currículum de los médicos residentes antes de rotar por el área de intensivo, ya que actualmente este aspecto no está contemplado. De igual manera sería conveniente la implementación de cursos para la educación periódica de los técnicos del departamento de rayos X, ya que actualmente dicha capacitación es inexistente.

Asimismo, como se indica en la literatura respectiva, la repetición de radiografías depende también de la calidad de la imagen obtenida y del número de radiografías fallidas. Por consiguiente, además de una técnica adecuada, y de un equipo en óptimas condiciones, es fundamental que exista, dentro del departamento de rayos X, un área destinada a la evaluación de las radiografías fallidas, con

el propósito de reducir su número. He tenido conocimiento acerca de este tipo de áreas en departamentos de rayos X en hospitales de otros países.

Por otro lado, se observó que no se están contemplando los aspectos técnicos mínimos en la realización de los estudios. Si bien se sabe que la colimación es una medida sumamente simple, se determinó que en la gran mayoría de proyecciones no se cumple con ella, exponiéndose indiscriminadamente áreas que no son de interés clínico. Frecuentemente se utiliza una película mucho más grande que la indicada, con lo que se aumenta la cantidad de la exposición, se reduce la calidad de la radiografía, y se pierde recurso material. A manera de ejemplo, se observaron radiografías que muestran la totalidad del niño dentro de la película, cuando lo que se deseaba evaluar era únicamente el tórax.

Colimar el haz de rayos X es de particular importancia en las proyecciones torácicas, ya que, tal y como se ha descrito, reduce aproximadamente en un factor de 100 la exposición gonadal. Este dato es de sumo interés, ya que la mayor proporción de radiografías realizadas en la población estudiada fueron constituidas por proyecciones frontales de tórax. Es de suponer que al realizarse una adecuada colimación en éstas podría reducirse importantemente la exposición a las gónadas.

Por último, es necesario señalar que no existió protección gonadal en la totalidad de los casos. Aunque efectivamente se tuvo conocimiento sobre la existencia de protectores gonadales en el área de rayos X de pediatría, en la práctica no se hizo uso de ellos, y no se pudo obtener información acerca de su ubicación. Creo que lo más adecuado sería contar con un juego de protectores para uso exclusivo de la UTIP, y quizá de la unidad neonatal de cuidados intensivos, que es un servicio con características similares.

## IX. CONCLUSIONES

---

---

1. Los pacientes en la unidad de terapia intensiva pediátrica son sometidos diariamente a repetidas dosis de radiación. A menudo se utilizan películas mucho mayores que el tamaño indicado, con lo que se aumenta el área de exposición y disminuye la calidad de la radiografía, contribuyendo al incremento de radiografías fallidas. Además son expuestas regiones del cuerpo que no son de interés clínico.
2. En la unidad de terapia intensiva de pediatría no se llevan a cabo las medidas técnicas mínimas de protección radiológica para el paciente, que son la colimación del haz de rayos X y la protección a gónadas.
3. En el departamento de rayos X pediátrico no existe un área destinada a la evaluación de las radiografías fallidas, por lo que no es posible precisar la magnitud ni la causa de la repetición de los estudios.

4. El tema de protección radiológica no forma parte del currículum actual de residentes de pediatría que rotan por el intensivo, ni existe un plan de entrenamiento y/o educación continua para los técnicos del departamento de rayos X sobre aspectos de radioprotección.

## X. RECOMENDACIONES

---

1. Incluir temas de radioprotección y efectos biológicos de la radiación ionizante en el currículum de residentes que roten por la unidad de terapia intensiva de pediatría, con el fin de reducir el número de radiografías al mínimo necesario.
2. Crear un programa de capacitación periódica en protección radiológica para el paciente, destinado a técnicos del departamento de rayos X.
3. Realizar chequeos regulares del aparato de rayos X portátil, que garanticen el funcionamiento del mismo según los parámetros establecidos.
4. Adquirir protectores gonadales sencillos, exclusivos para el área de la UTIP, los cuales pueden fabricarse con 0.5 mm de grosor de plomo, con las medidas indicadas en la revisión bibliográfica de esta investigación.

5. Adecuar en el área de archivos radiológicos, un apartado en el cual se almacenen las proyecciones rechazadas o fallidas, para su posterior estudio, con el fin de evaluar la causa del fallo. Con esto se pretende reducir la repetición de proyecciones.
6. Utilizar un tamaño de película acorde al área del paciente que desea ser evaluada.

## XI. RESUMEN

---

Zamora González, CA. "Exposición a rayos X en niños de la unidad de terapia intensiva de pediatría". Tesis Médico y Cirujano. pp. 42. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas. Guatemala, 2002.

"Estudio descriptivo realizado en pacientes de la unidad de terapia intensiva de pediatría del Hospital San Juan de Dios, durante el período comprendido entre mayo de 2001 y enero de 2002".

Se seleccionaron dos muestras, una de 254 y otra de 158 pacientes de la unidad de terapia intensiva pediátrica (UTIP). Se estudió la magnitud de la exposición en función de la frecuencia de proyecciones realizadas, así como el uso de medidas protectoras como colimación y protección gonadal. Los pacientes con diagnóstico de neumonía constituyeron el 55.5%, significando una proporción significativa del total de proyecciones realizadas.

La mayor cantidad de radiografías diarias promedio la recibieron pacientes con alteraciones abdominales agudas, neumopatías, meningitis y post-eventos traumáticos, con un rango que oscila entre 1.7 y 3 radiografías por día de estancia. No se observaron diferencias en cuanto a la exposición de pacientes masculinos y femeninos, y se obtuvo un promedio diario de 1.87 radiografías para el total de la población.

Casi el 93% de estudios fueron proyecciones frontales de tórax y de abdomen, el resto no fueron significativos para el total de proyecciones realizadas. Cerca de 91% de pacientes son sometidos a radiación innecesaria por falta de colimación del haz de rayos X, y en ningún caso se observó protección gonadal. Se recomienda por tanto, fomentar el aprendizaje sobre los efectos biológicos de la radiación, con el fin de reducir al mínimo el número de proyecciones, y educar sobre medidas sencillas a ser observadas por el personal técnico al momento de la exposición, con el propósito de reducir la misma. Asimismo, se recomienda la adquisición de protectores gonadales sencillos y la revisión periódica del equipo de rayos X.

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Al'ferovich, et al. "Changes in cellular proliferative activity after exposure to irradiation at low doses"  
Izv Akad Nauk Ser Biol 1995 Jan-Feb;(1):15-8
2. Almen A, Mattsson S. "The radiation dose to children from X-ray examinations of the pelvis and the urinary tract"  
Br J Radiol 1995 Jun;68(810):604-13
3. Blickman JG, Blickman H. "Pediatric radiology – the requisites"  
2ª Edición. Mosby. St. Louis. EE.UU. 1998.
4. Burton E, Brody A. "Essentials of pediatric radiology"  
Thieme Medical Publishing. EE.UU. 1999.
5. Bushberg, et al. "The essential physics of medical imaging".  
Williams and Wilkins. Baltimore, EE.UU., 1994.
6. Byrne, et al. "Units of measurement"  
<http://www.ultranet.com/~jkimball/BiologyPages/R/Radiation.html>
7. Curry TS. "Christensen's introduction to the physics of diagnostic radiology"  
4ª edición. Lea & Febiger. Filadelfia, EE.UU., 1994.
8. European Commission "European Guidelines On Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images In Paediatrics. Bruselas, Luxemburgo, 1996.
9. Faulkner, et al. "Radiation dose to neonates on a special care baby unit"  
Br J Radiol 1989 Mar;62(735):230-3

10. Godderidge C. "Pediatric imaging"  
W.B. Saunders. Filadelfia, EE.UU. 1995.
11. González L. "Radiation doses to paediatric [...] and potential reduction by radiation protection optimization"  
Br J Radiol 1995 Mar;68(807):291-5
12. Hall EJ. "Radiobiology for the Radiologist"  
4ª Edición. Lippincott. Filadelfia, EE.UU. 1993
13. Heggie JC. "Radiation doses from common radiographic procedures: a ten year perspective"  
Australas Phys Eng Sci Med 2000 Dec;23(4):124-34
14. Hilton SV, Edwards DK. "Practical pediatric radiology"  
2ª edición. Saunders, Filadelfia. EE.UU. 1994.
15. Howe GR. "Radiation-related health risks. Future directions for research"  
JAMA 1995 Aug 2;274(5):427-8
16. Howland WJ. "RSNA syllabus for radiation biology in diagnostic radiology residency training"  
Radiology 1976 120: 233-236
17. International Commission on Radiological Protection. "Protection of the Patient in X-ray Diagnosis"  
Committee 3 Task Group. Publicación no. 16 de ICRP. Pergamon Press. EE.UU. 1970
18. Juhl JH, Crummy AB, Kuhlman JE. "Essentials of radiologic imaging"  
7ª. Edición. Lippincot Williams & Wilkins. Filadelfia, EE.UU. 1998.
19. Keske U. "Estimating patient dosage in [...]. Effective doses of the most frequent roentgen examinations"  
Radiologe 1995 Mar;35(3):162-70
20. Kirks D. "Practical Pediatric Imaging. Diagnostic radiology of infants and children"  
2ª Edición. Little, Brown and Co. EE.UU. 1991.
21. Martínez J. "El tubo de rayos X"  
<http://www.aevedi.org/00055CV.htm>
22. Mettler FA, Upton AC. "Medical effects of ionizing radiation"  
2ª edición. W.B. Saunders. Filadelfia, EE.UU. 1995.
23. Milkovic D, et al. "Doses in the vicinity of mobile X-ray equipment in a children's intensive care unit"  
Coll Antropol 2000 Jun;24(1):235-40
24. National Council on Radiation Protection and Measurements "Limitation of exposure to ionizing radiation"  
Reporte no. 116. Washington, D.C., EE.UU. 1993.
25. Neumann, et al. "Estimating patient dose in radiologic examinations using conversion factors"  
Radiologe 1995 Mar;35(3):171-81

26. Pedrosa C. "Diagnóstico por Imagen. Tratado de radiología clínica"  
McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España, 1990.
27. Poznanski, AK. "Practical approaches to pediatric radiology"  
Year Book.. Chicago, EE.UU. 1976
28. Rickards J, Camaras R. "Fuentes de radiación"  
[http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec\\_5.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_5.htm)
29. Rickards J. "Las radiaciones: reto y realidades"  
[http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/08/htm/SEC\\_9.HTM](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/08/htm/SEC_9.HTM)
30. Roebuck DJ. "Risks and benefits in pediatric radiology"  
Pediatr Radiol 1999 Aug;29(8):637-40
31. Roth J, Schweizer P, Guckel C. "Basis of radiation protection"  
Schweiz Med Wochenschr 1996 Jun 29;126(26):1157-71
32. Seifert H. "Methods for determining organ doses in roentgen diagnosis"  
Rontgenpraxis 1995 Jan;48(1):18-22
33. Silverman, FN. "Pediatric X-ray diagnosis"  
9ª edición. Year Book. Chicago, EE.UU. 1993.
34. Sinclair WK. "Report no. 100 by the National Council on Radiation Protection and Measurements"  
Radiology 1989 173: 877
35. Sinclair WK. "Effects of low-level radiation and comparative risk"  
Radiology 1981 138: 1-9
36. Sowby FD. "International Commission on Radiological Protection: 1978 Stockholm meeting"  
Radiology 1978 129: 533-535
37. Sprawls P Jr. "Physical principles of medical imaging"  
2ª edición. Aspen Publishers. EE.UU., 1993.
38. Streffer C, Tanooka H. "Biological effects after small radiation doses"  
Int J Radiat Biol 1996 Feb; 69(2):269-72
39. Strom DJ. "Ten principles and ten commandments of radiation protection"  
Health Physics 1996 70:388-393
40. Van Wyngaarden KE; Pauwels EK. "Hormesis: are low doses of ionizing radiation harmful or beneficial?"  
Eur J Nucl Med 1995 May;22(5):481-6
41. Wambersie A. "Exposure to ionizing radiation: radiobiological and pathogenic effects"  
Rev Med Brux 1996 Apr;17(2):75-84
42. Weber, et al. "Biological dosimetry after extensive diagnostic x-ray exposure"  
Health Phys 1995 Feb;68(2):266-9
43. Wesenberg, et al. "Low dose radiography in pediatric radiology"

AJR 1977 128:1066

44. Westcott G. "Diagnostic X-ray safety manual – Radiation physics"  
<http://ehs.ucdavis.edu/hp/axs/physics1.html>
45. Wilson-Costello, et al. "Radiation exposure from diagnostic radiographs in extremely low birth weight infants"  
Pediatrics 1996 Mar;97(3):369-74
46. Wyckoff, et al. "The new special names of SI units in the field of ionizing radiations"  
Radiology 1976 118: 233-234

XIII. ANEXOS

INSTRUMENTO No. 1

A REVISIÓN DE EXPEDIENTES MÉDICOS

INSTRUCCIONES: La siguiente información debe extraerla de los expedientes médicos de cada paciente y verificarla posteriormente si es necesario en los archivos radiológicos. Llene las líneas vacías según la información requerida, y marque cada casilla  con una "X". En el inciso "diagnósticos o impresiones clínicas" sea lo más concreto y específico posible, evitando anotar únicamente hallazgos.

1. Número de expediente: 

--	--	--
2. Edad (años y meses): \_\_\_\_\_ años \_\_\_\_\_ meses
3. Sexo:  Masculino  Femenino
4. Diagnósticos o impresiones clínicas:
  - 4.1 \_\_\_\_\_
  - 4.2 \_\_\_\_\_
  - 4.3 \_\_\_\_\_
  - 4.4 \_\_\_\_\_
  - 4.5 \_\_\_\_\_
5. Dias de estancia: \_\_\_\_\_
6. Cantidad de estudios radiológicos realizados:

TIPO DE ESTUDIO Y PROYECCIONES	CANTIDAD
Tórax AP	
Tórax lateral	
Abdomen AP	
Abdomen lateral	
Cráneo AP	
Cráneo lateral	
Pelvis AP	
Pelvis lateral	
Urografía excretora	
Huesos largos	

Cervicales	
Otros	

B. REVISIÓN DE RADIOGRAFIAS ARCHIVADAS

INSTRUCCIONES: La siguiente información debe extraerla de las radiografías archivadas de cada paciente. Marque cada casilla  con una "X" según sus observaciones de la radiografía.

7. Colimación del haz primario de rayos X:

- 7.1  No hay colimación
- 7.2  Se observa colimación, pero ésta es inadecuada
- 7.3  Se observa colimación adecuada

8. Protección gonadal:

- 8.1  No se observa protección a gónadas
- 8.2  Hay protección a gónadas, pero ésta es inadecuada
- 8.3  Hay adecuada protección a gónadas
- 8.4  No evaluable, o las gónadas se encuentran por fuera del haz primario de rayos X

INSTRUMENTO No. 2

OBSERVACIONES DE LOS EXÁMENES RADIOLOGICOS

INSTRUCCIONES: La siguiente información debe extraerla de las observaciones que realice de los estudios radiológicos que se efectúen en su presencia. Llene las líneas vacías según la información requerida, y marque cada casilla  con una "X".

1. Edad (años y meses): \_\_\_\_\_ años \_\_\_\_\_ meses

2. Sexo:  Masculino  Femenino

3. Colimación del haz primario de rayos X:

- 3.1  No hay colimación
- 3.2  Hay alguna colimación pero ésta es inadecuada
- 3.3  Hay una colimación adecuada

4. Protección gonadal:

- 4.1  No se observa protección a gónadas
- 4.2  Hay protección a gónadas, pero ésta es inadecuada
- 4.3  Hay adecuada protección a gónadas
- 4.4  Las gónadas se encuentran por fuera del haz primario de rayos X (> 5 cm)

## DOSIS DE RADIACIÓN EN NIÑOS

### Dosis Máxima en Piel Derivada de Exámenes Radiológicos

Tipo de examen	Dosis (rad) a la edad 1 – 15 años			
	1 año	5 años	10 años	15 años
<b>Cráneo y contenidos</b>				
1.1	Series de cráneo, 5 tomas	0.3	0.7	0.9
	Fluoroscopia, 6 minutos	8.4	11.4	12.0
			13.2	
<b>Huesos</b>				
0.10	Columna cervical, AP y lateral	0.05	0.10	0.10
1.6	Columna dorsal o lumbar, AP y lateral	0.2	0.4	0.9
	Pelvis, AP y lateral			
<b>Angiocardiografía</b>				

	Radiografía seriada dos planos, 40 tomas	1.8	3.3	5.7	7.2	
	Fluoroscopia, 30 minutos	24.0	36.0	51.0	66.0	
Tórax						
0.07	Tórax, PA y lateral	0.05	0.03	0.05		
	Angiografía pulmonar, AP, 30 tomas	3.0	6.4	10.2	15.9	
	Fluoroscopia, 1.5 minutos	1.2	1.8	2.6		
3.3						
Tracto gastrointestinal						
	Abdomen, AP		0.05	0.08	0.18	
	0.25					
	Angiografía abdominal, AP, 30 tomas	2.1	4.5	15.0	23.0	
	Fluoroscopia, 5 minutos	4.0	6.0	8.5	11.0	
Tracto genitourinario						
0.75	Urografa excretorio, 4 tomas	0.20	0.30	0.50		
	Angiografía renal, AP, 20 tomas	1.4	3.0	4.8	7.5	
	Fluoroscopia, 4 minutos	3.2	3.0	4.8	7.5	

AP = anteroposterior; PA = posteroanterior

Fuente: Modificado de Kirks D. "Practical Pediatric Imaging. Diagnostic radiology of infants and children"  
2ª Edición. Little, Brown and Co. EE.UU. 1991.

#### DOSIS DE RADIACIÓN EN NIÑOS

##### Dosis Gonadal Mínima

Proyección	Dosis (rad) a la edad 1 – 15 años		
	6 meses	4 años	12 años
Cráneo			
AP	0.017/0.029 <sup>a</sup>	0.040/0.075 <sup>a</sup>	0.023/0.036 <sup>a</sup>
Lateral	0.019/0.033	0.034/0.058	0.021/0.033
Senos			
Waters	0.010/0.018	0.030/0.073	0.017/0.031

Lateral	0.0014/0.0032	0.0054/0.0150	
0.0049/0.0095			
Columna cervical			
AP	0.049/0.078	0.035/0.071	0.021/0.021
Lateral	0.017/0.025	0.0096/0.031	0.0034/0.0089
Odontoides	0.026/0.071	0.030/0.072	0.016/0.018
Tórax			
AP o PA	0.038/0.091	0.019/0.0440	0.010/0.130
Lateral	0.63/0.17	0.097/0.640	0.052/0.130
Columna dorsal			
AP	0.10/0.32	0.098/0.580	0.13/0.22
Lateral	0.28/1.10	0.21/1.30	0.33/0.48
Columna lumbar			
AP	1.5/14.0	3.3/41.0	3.2/72.0
Oblicua	5.7/86.0	11/140	12/240
Lateral	4.4/68.0	14/81	6.3/110.0
Abdomen			
AP	0.92/7.20	1.2/11.0	5.4/35.0
Lateral	1.1/16.0	6.6/7.3	5.2/69.0
Pelvis			
AP	23/24	55/33	
75/38			

AP = anteroposterior; PA = posteroanterior

<sup>a</sup> Valores niño/niña

Fuente: Modificado de Kirks D. "Practical Pediatric Imaging. Diagnostic radiology of infants and children"

2ª Edición. Little, Brown and Co. EE.UU. 1991.