

Experiencia con estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos y comparación de indicadores operativos

(Experience with Special Pediatric Contrast Radiological Studies and Comparison of Operational Indicators)

Marián Navarro-Carrillo¹, María Nazareth Sandoval-Barboza², Fabio Andrés Chaves-Campos³, María Fernanda Noguera-Contreras⁴, Adriana Camacho-González⁵

Afiliación Institucional:

¹Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnologías en Salud. San José, Costa Rica.

ORCID: 0009-0007-9493-8145.

²Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnologías en Salud. San José, Costa Rica.

ORCID: 0009-0002-9709-0542.

³Universidad de Costa Rica, Instituto de Investigaciones en Salud, Sección de Genética. San José, Costa Rica.

ORCID: 0000-0003-3066-5495

⁴Universidad de Costa Rica, Instituto de Investigaciones en Salud, Sección de Genética. San José, Costa Rica.

ORCID: 0009-0007-0472-4355

⁵Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnologías en Salud. San José, Costa Rica.

ORCID: 0009-0007-3244-5097.

Abreviaturas:

CUMS; cistouretrografía miccional seriada.

ERCEP; estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos.

HNN; Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera.

ICRP; Comisión Internacional de Protección Radiológica (International Commission on Radiological Protection).

NRD; niveles de referencia diagnóstica.

PDA; producto dosis-área (Producto Kerma Área).

TGI; tránsito gastrointestinal.

Fuentes de apoyo: Ninguna.

Conflictos de interés: Ninguno que declarar por parte de los autores.

Financiamiento: Ninguno.

Lugar de ejecución de la investigación: Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Niños, Dr. Carlos Sáenz Herrera (HNN), Caja Costarricense de Seguro Social, San José, Costa Rica.

✉ fabio.chavescampos@ucr.ac.cr



Esta obra está bajo una licencia internacional: Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.

RESUMEN

Objetivo: con el incremento del uso de las técnicas por imagen en la atención de la población pediátrica, considerada más radiosensible que la población adulta, se hace necesaria la optimización de los estudios radiológicos contrastados. El objetivo fue describir la experiencia con los estudios radiológicos contrastados especiales realizados en el Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Niños y mostrar una comparación de la práctica clínica con referentes internacionales.

Métodos: estudio observacional, transversal, con registro de los estudios efectuados, con sus parámetros técnicos y procedimentales, realizados desde el 15 de marzo hasta el 15 de junio del 2023. Se recolectó la información sobre los tipos de procedimientos, el número de imágenes generadas por estudio, la edad de los pacientes y el tiempo de fluoroscopia. Los datos tabulados se clasificaron según el tipo de estudio y el rango etario, se compararon con los valores reportados por referentes internacionales obtenidos mediante una revisión bibliográfica dirigida. Se realizó otra revisión bibliográfica acerca de los referentes teóricos internacionales y nacionales sobre la protección radiológica para la elaboración de una propuesta de optimización técnica.

Resultados: se incluyó un total de 511 estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos: 167 cistouretrografías miccionales seriadas, 126 estudios de tracto gastrointestinal, 124 esofagogramas y 94 de colon por enema. Con la cistouretrografía miccional seriada se registró un promedio de 35,8 imágenes y un tiempo de fluoroscopia promedio de 17 segundos, con una exposición que varió entre los 2 y 195 segundos con una mediana de 12 segundos. Para los otros estudios contrastados con bario, de forma agrupada el promedio fue de 93,6 imágenes adquiridas, con un tiempo de fluoroscopia promedio de 31,2 segundos siendo variable entre 1 y 229 segundos; específicamente con una mediana de 22 segundos para el colon por enema y 20.5 segundos para el esofagograma. La comparación con todos los referentes fue consistente en mostrar un menor tiempo de fluoroscopia y un mayor número de imágenes generadas por estudio en Costa Rica. Se compiló una serie de 14 acciones para orientar las estrategias de protección.

Conclusiones: los tiempos de fluoroscopia utilizados en el país son menores a los típicamente empleados en otros contextos para los estudios seleccionados; sin embargo, el número de radiografías intraprocedimiento realizadas localmente fue mayor. Como parte de la estrategia para mejorar la protección radiológica, se sugiere incrementar ligeramente

los tiempos de fluoroscopia con el propósito de reducir la cantidad de radiografías, lo que optimizaría el balance entre la calidad diagnóstica y la exposición a la radiación.

Palabras claves: fluoroscopia, radiología, pediatría, protección radiológica, optimización de procesos.

Abstract

Objective: With the increased use of imaging techniques in pediatric care, a population considered more radiosensitive than adults, the optimization of contrast-enhanced radiological studies is essential. The objective was to describe the experience with specialized pediatric contrast-enhanced radiological studies performed at the Radiology Department of the Dr. Carlos Sáenz Herrera National Children's Hospital and to compare clinical practice with international benchmarks.

Methods: This was an observational, cross-sectional study, recording all procedures performed, including their technical and procedural parameters, from March 15 to June 15, 2023. Information was collected on the types of procedures, the number of images generated per study, patient age, and fluoroscopy time. Fluoroscopy time and number of images generated per study were defined based on the distribution of the median values for fluoroscopy time and number of images. The tabulated data, classified by study type and age range, were compared with values reported by international references, obtained through a targeted literature review. A separate literature review of international and national theoretical frameworks on radiation protection was also conducted to develop a proposal for technical optimization.

Results: A total of 511 pediatric special contrast radiological studies were included: 167 voiding cystourethrograms, 126 gastrointestinal tract studies, 124 esophagograms and 94 contrast enemas. With serial voiding cystourethrography, an average of 35.8 images were recorded, with an average fluoroscopy time of 17 seconds and an exposure time ranging from 2 to 195 seconds, with a median of 12 seconds. For the other barium contrast studies, the average number of images acquired was 93.6, with an average fluoroscopy time of 31.2 seconds, ranging from 1 to 229 seconds; specifically, the median was 22 seconds for the barium enema and 20.5 seconds for the esophagogram. Comparisons with all reference studies consistently showed shorter fluoroscopy times and a higher number of images generated per study in Costa Rica. A series of 14 actions was compiled to guide protection strategies.

Conclusions: Fluoroscopy times used in the country are shorter than those typically employed in other contexts for the selected studies; however, the number of intraprocedural radiographs taken locally was higher. As part of the strategy to improve radiation protection, it is suggested that fluoroscopy times be slightly increased to reduce the number of radiographs, thereby optimizing the balance between diagnostic quality and radiation exposure.

Keywords: fluoroscopy, radiology, pediatrics, radiation protection, process optimization.

Fecha de recibido: 04, junio, 2025

Fecha de aceptado: 15, enero, 2026

La fluoroscopia diagnóstica es una técnica basada en el uso de rayos X para obtener imágenes dinámicas en modo cine, lo que permite estudiar aspectos tanto morfológicos como funcionales de los órganos y los sistemas. Los procedimientos fluoroscópicos incluyen los estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos (ERCEP), tales como el esofagograma, el estudio del

mecanismo de deglución, el tránsito gastrointestinal (TGI), la serie gastroduodenal (SGD), la cistouretrografía miccional seriada (CUMS), y los estudios de colon por enema simple y doble (Quesada M. Guía y manual de procedimientos radiológicos especiales frecuentes en el paciente pediátrico [tesis]. San José: Universidad de Costa Rica; 2012. Disponible en: <https://bit.ly/3xghiQa>).

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) ha destacado en varias de sus publicaciones la importancia de la seguridad radiológica, particularmente en el contexto pediátrico. También advierte sobre el impacto en la salud por desconocimiento técnico de los profesionales en medicina intervencionista, expuestos ocupacionalmente y de las posibles lesiones derivadas de prácticas inadecuadas. Claramente postula que el incremento exponencial en las dosis, tanto al personal ocupacionalmente expuesto como a los pacientes, se asocia principalmente con técnicas operativas deficientes y el uso incorrecto de equipos de protección.¹

Con énfasis en la población pediátrica, la destaca como un grupo de alta radiosensibilidad debido a su estado de desarrollo, por lo que requiere especial atención para minimizar riesgos y garantizar una protección adecuada.² En este contexto, la ICRP sugiere registrar los parámetros como el tiempo de fluoroscopia y el número de imágenes adquiridas, ya que estos valores proporcionan una métrica adicional que contribuye a optimizar la seguridad radiológica y mejorar la calidad de los estudios diagnósticos.³

Por lo tanto, el propósito de este trabajo fue describir la experiencia con los estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos realizados en el Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Niños, Dr. Carlos Sáenz Herrera, con especial interés en los parámetros como el tiempo de fluoroscopia y el número de imágenes adquiridas; así como mostrar una comparación de la práctica clínica con referentes internacionales. Además, para fortalecer una atención radiológica segura y efectiva, se brindan recomendaciones para la optimización de los ERCEP realizados en población pediátrica, tanto en relación con las técnicas como los parámetros operativos.

Métodos

Para este estudio se aplicó un diseño observacional, descriptivo, de corte transversal y comparativo con referentes internacionales. El eje metodológico contempló el análisis de los parámetros técnicos y procedimentales de ERCEP efectuados en el Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Niños, Dr. Carlos Sáenz Herrera (HNN), durante el periodo comprendido entre el 15 de marzo y el 15 de junio de 2023. Los diferentes estudios fueron realizados a pacientes menores de 18 años.

Se registraron parámetros como el tipo de estudio, el tiempo de fluoroscopia, el número de imágenes adquiridas y la edad de los pacientes. Debido a problemas técnicos detectados en el cálculo del Producto Dosis-Área (PDA) por el fluoroscopio disponible para el estudio, esta magnitud dosimétrica no se analizó.

Se utilizó una hoja de recolección de datos estructurada en el programa Excel, diseñada para documentar diariamente los valores extraídos del fluoroscopio debido a la capacidad limitada de almacenamiento del equipo.

El equipo utilizado fue un fluoroscopio Siemens AXIOM Luminos dRF, ubicado en la sala 5 del Servicio de Radiología del HNN. Este cuenta con un detector plano Pixium 5100 y distancias focales de 1.15 m (empleada para lo ERCEP que atañen a este análisis) y 1.50 m. Los protocolos del equipo incluyeron una filtración preprogramada de Cu de 0.1 mm y la activación del modo de control automático de exposición.

Para el análisis, se incluyeron aquellos procedimientos con un mínimo de 30 estudios realizados en cada grupo etario, conforme a las recomendaciones de la ICRP.³ Los rangos etarios aplicados fueron: 0 a 1 año, 1 a 5 años, 5 a 10 años, 10 a 15 años y >15 años.⁴ Los procedimientos con muestras insuficientes por banda etaria, como las SGD y los estudios de colon por enema con doble contraste, fueron excluidos.

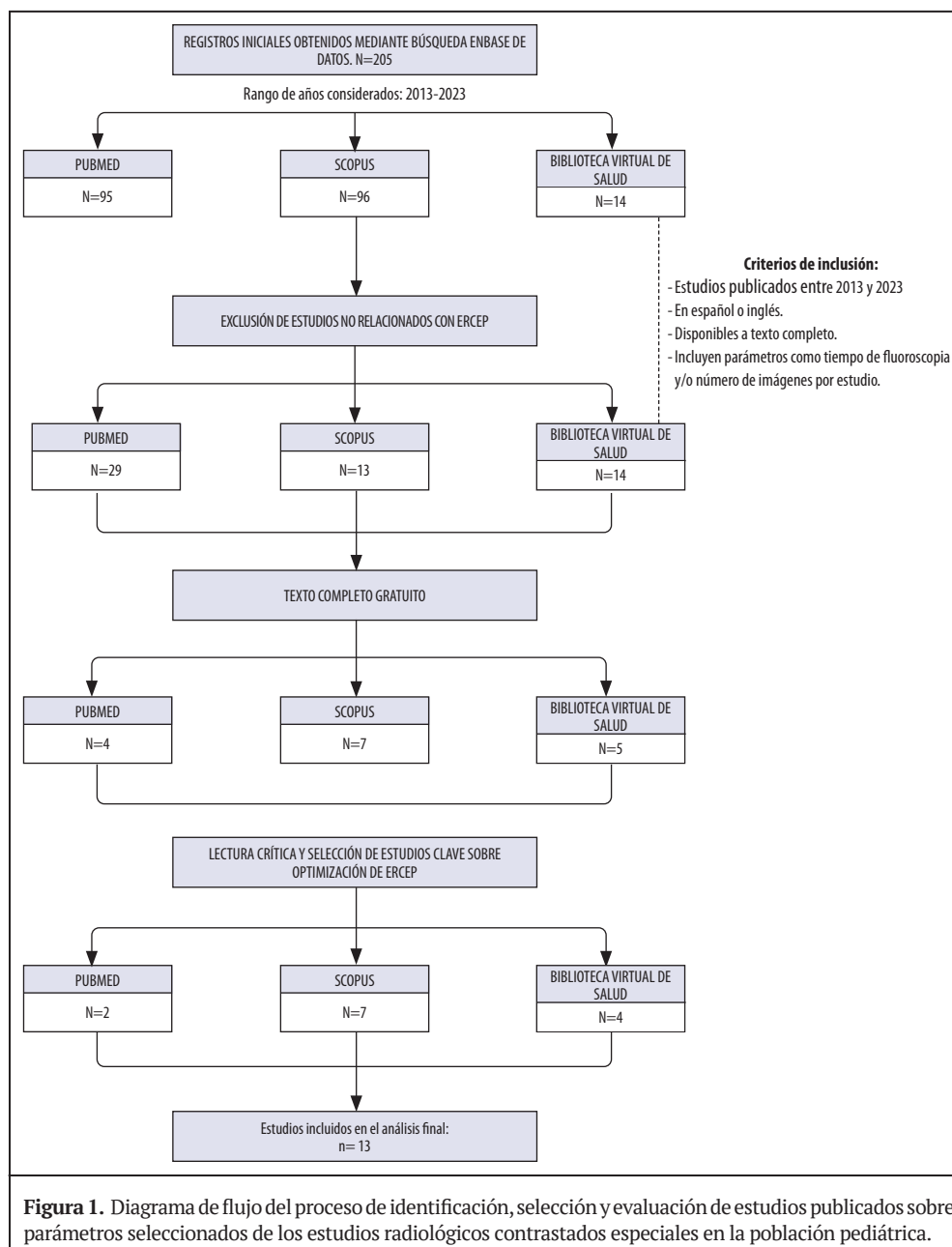
Los datos recolectados fueron tabulados en función del tipo de estudio y rango etario. Se calcularon las medidas descriptivas de mínimo, máximo, promedio y mediana para los tiempos de fluoroscopia y el número de imágenes. Los grupos etarios fueron reagrupados según el referente comparador aportado por la revisión, para mostrar en los cuadros.

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed, Scopus (incluyendo Embase, Elsevier y Science Direct) y en la Biblioteca Virtual en Salud. Se seleccionaron estudios publicados entre los años 2013 y 2023, en idioma español o inglés, que incluyeran valores de tiempo de fluoroscopia o número de imágenes por estudio, incluso con el cálculo de los niveles de referencia diagnóstica (NRD). Los términos de búsqueda empleados: “(diagnostic reference levels) AND (paediatric) AND (fluoroscopic)” para PubMed; “(diagnostic reference levels) AND (paediatric) AND (fluoroscopic) NOT (intervention)” para Scopus; y “niveles de referencia para diagnóstico” en la Biblioteca Virtual en Salud. Se excluyeron aquellos artículos que únicamente reportaban el PDA sin otros parámetros relevantes, así como los de acceso restringido. En PubMed se identificaron 12 artículos y se seleccionaron 2; en Scopus, 124 artículos con 2 seleccionados; y en la Biblioteca Virtual en Salud se identificaron 96 artículos, de los cuales se eligió uno.

Finalmente, para la elaboración de la propuesta local de optimización de ERCEP a partir de referentes teóricos internacionales y nacionales sobre protección radiológica en los ERCEP, mediante las mismas tres bases de datos se

hizo la búsqueda usando combinaciones de palabras clave relacionadas con los ERCEP con aplicación de operadores booleanos y filtros específicos. Los criterios de inclusión consideraron estudios publicados entre los años 2008 y 2023, en inglés o español, que estuvieran disponibles a texto completo y que abordaran estrategias de optimización en estudios radiológicos contrastados pediátricos. Se excluyeron artículos relacionados con intervencionismo,

tomografía computarizada, radiología dental, modalidades de imagen híbridas y estudios en población adulta, así como aquellos que no mencionaban herramientas específicas para la optimización de la protección radiológica. Además, se descartaron las publicaciones de acceso restringido (Figura 1). Se realizó una lectura crítica de los artículos obtenidos para seleccionar aquellos que mejor se ajustaban a los objetivos de la investigación.



Resultados

Se incluyó un total de 511 estudios radiológicos contrastados especiales realizados en los pacientes

pediátricos (todos menores de 18 años), que agrupaban 167 CUMS y 344 estudios contrastados con bario, consistentes en 126 TGI, 124 esofagogramas y 94 colon por enema.

Tanto el número de imágenes adquiridas como el tiempo de fluoroscopia se diferenciaron según el tipo de estudio. Para la CUMS se registró un promedio de 35,8 imágenes y un tiempo de fluoroscopia promedio de 17 segundos, con una exposición que varió entre los 2 y 195 segundos y una mediana de 12 segundos. Para los otros estudios contrastados con bario, de forma agrupada, el promedio fue de 93,6 imágenes adquiridas, con un tiempo de fluoroscopia promedio de 31,2 segundos, cuya variable oscila entre 1 y 229 segundos; específicamente con una mediana de 22 segundos para el colon por enema y 20.5 segundos para el esofagograma.

Como referentes internacionales, el reporte de los valores de tiempo de fluoroscopia y número de imágenes se obtuvo de cinco artículos.⁵⁻⁹ Según lo expuesto en el cuadro 1, los tiempos de fluoroscopia resultaron menores en tres estudios evaluados y en las bandas etarias seleccionadas, en comparación con lo reportado de Australia.⁵ En particular, para los estudios de CUMS realizados en pacientes menores de 3 años, el tiempo de fluoroscopia resultó entre 1.6 y 3 veces menor (promedio 44 vs. 16 segundos, respectivamente, en menores de 1 año y promedio 44 vs. 28,2 segundos en pacientes de 2 a 3 años), mientras que para los TGI y los esofagogramas, el tiempo de fluoroscopia superó el doble allá respecto a los valores registrados en el país.

Cuadro 1. Comparación de los tiempos de fluoroscopia de tres estudios radiológicos contrastados especiales realizados a pacientes pediátricos en el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica, con los reportados de Australia por Gomes et al.⁵

Estudio	País	Número de casos	Banda de edad	Tiempo de fluoroscopia (segundos)		
				Mínimo	Máximo	Promedio
Cistouretrografía miccional seriada (CUMS)						
	Australia	43	0 a 1a	0	127	44
	Costa Rica	82	0 a 1a	2	56	16
	Australia	54	2 a 3a	0	148	46
	Costa Rica	14	2 a 3a	4	95	28,2
Tránsito gastrointestinal (TGI)						
	Australia	29	0 a 3a	2	344	71
	Costa Rica	58	0 a 3a	1	176	33,1
Esofagograma						
	Australia	49	0 a 1a	0	262	72
	Costa Rica	63	0 a 1a	4	229	38,7
	Australia	41	2 a 8a	0	156	62
	Costa Rica	47	2 a 8a	2	155	33,2

Como muestra el cuadro 2, se identificaron diferencias notables en los tiempos de fluoroscopia entre Costa Rica y los hospitales analizados en el comparador.⁶ Por ejemplo, en el hospital 1, para CUMS el tiempo de fluoroscopia es más del triple que el registrado en Costa Rica (mediana 38 vs. 12 segundos, respectivamente), en tanto que con los estudios de colon por enema, los tiempos alcanzaron valores hasta cuatro veces superiores (mediana 88 vs. 22 segundos, respectivamente) y, en los esofagogramas, las diferencias fueron hasta 2.5 veces más (me-

diana 52 vs 20,5 segundos, respectivamente). Asimismo, el volumen de casos analizados en Costa Rica superó la experiencia de los hospitales incluidos ese estudio. En el mismo sentido, aunque se diferencia en la definición de bandas etarias, el cuadro 3 muestra los menores tiempos de fluoroscopia en todas las bandas etarias de dos estudios contrastados, pues para las CUMS utilizaron hasta cinco veces más tiempo de fluoroscopia y para los esofagogramas, los tiempos determinaron ser hasta nueve veces mayores, según el reporte de Ashworth et al.⁷

Cuadro 2. Comparación de los tiempos de fluoroscopia de tres estudios radiológicos contrastados especiales realizados en el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica, con los reportados de tres distintos hospitales en Australia por Chytrá et al.⁶

Estudio	País	Número de casos	Mediana tiempo fluoroscopia (segundos)
Cistouretrografía miccional seriada (CUMS)	Australia H1	51	38
	Australia H3	18	13
	Australia H4	20	13
	Costa Rica	167	12
Colon por enema	Australia H1	24	88
	Australia H4	57	76
	Costa Rica	94	22
Esofagograma	Australia H1	82	52
	Australia H4	19	26
	Costa Rica	124	20.5

Nota: H1, H3 y H4 (distintos hospitales participantes, según Chytrá et al.⁶)

Cuadro 3. Comparación de los tiempos de fluoroscopia de dos estudios radiológicos contrastados especiales realizados en el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica, con los reportados de Reino Unido por Ashworth et al.⁷

Estudio	Banda etaria	Número de casos		Promedio tiempo fluoroscopia (segundos)	
		Reino Unido	Costa Rica	Reino Unido	Costa Rica
Cistouretrografía miccional seriada (CUMS)	0 - 1m	15	13	55	22,7
	1m - 4a	724	82	44	17,04
	4a - 10a	16	50	95	13,9
Esofagograma	1m - 4a	91	69	124	35,6
	4a - 10a	31	34	112	32,1
	10a - 14a	3	7	167	36
	14 - 18a	12	2	140	30

De igual manera, los resultados mostrados en el cuadro 4 evidencian que los tiempos de fluoroscopia en Costa Rica son claramente menores y que el promedio de imágenes adquiridas es notablemente mayor que los reportados en el estudio de Sulieman et al.⁸ En las CUMS, el tiempo de fluoroscopia promedio fue hasta nueve veces

mayor en el estudio saudí, aunque el promedio en la toma de imágenes fue seis veces menor. Por otro lado, en los estudios contrastados con bario, nuestra investigación registró un promedio de número de imágenes hasta 15 veces mayor, mientras que los tiempos de fluoroscopia fueron hasta ocho veces inferiores.

Cuadro 4. Comparación de los tiempos de fluoroscopia de los estudios radiológicos contrastados especiales realizados en el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica, con los reportados de Arabia Saudita por Sulieman et al.⁸

Estudio	País	Número de casos	Promedio de imágenes adquiridas	Tiempo de fluoroscopia (s)		
				Mínimo	Máximo	Promedio
Cistouretrografía miccional seriada (CUMS)	Arabia Saudita	44	6	72	546	150
	Costa Rica	167	35,8	2	195	17
Estudios contrastados con bario	Arabia Saudita	51	6	144	492	252
	Costa Rica	344	93,6	1	229	31,2

El cuadro 5 deja entrever variaciones relevantes en la comparación entre los tiempos de fluoroscopia y el número de imágenes reportados por Bibbo et al.⁹ y la presente investigación. Para las CUMS, los tiempos de fluoroscopia en Australia fueron hasta siete veces mayores, aunque el promedio de radiografías fue menor en todas las bandas etarias. En los TGI, Costa Rica presentó un promedio de número de imágenes mayor, pero los tiempos de fluoroscopia en el reporte australiano fueron hasta siete

veces superiores. Por su parte, en los estudios de colon por enema, Australia mostró tiempos de fluoroscopia máximos y percentil 75 más altos, aunque el promedio de imágenes no presentó incrementos destacables en comparación con Costa Rica. En los esofagogramas el país registró un promedio de toma de imágenes radiográficas hasta tres veces mayor, los tiempos de fluoroscopia máximos y del percentil 75 resultaron consistentemente menores, con diferencias de hasta cuatro veces respecto al referente.

Cuadro 5. Comparación del número de imágenes y de los tiempos de fluoroscopia en los estudios radiológicos contrastados especiales realizados en el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica, en comparación con los reportados en Australia por Bibbo et al.⁹

Estudio	Banda etaria	Número de casos		Promedio número imágenes		Tiempo de fluoroscopia (s)					
						Mínimo		Máximo		Percentil 75	
		Costa Rica	Australia	Costa Rica	Australia	Costa Rica	Australia	Costa Rica	Australia	Costa Rica	Australia
Cistouretrografía miccional seriada (CUMS)	0 - 2 a	81	957	35,39	35	2	8	56	409	19	106
	2 - 6 a	36	325	37,5	28	4	7	125	325	95	100
	6 - 10 a	18	121	30,35	28	4	7	95	213	97	100
	10 + a	23	52	42	36	4	4	97	225	97	97
Tránsito gastrointestinal (TGI)	0 - 4 a	59	25	75,7	54	1	31	176	312	33	172
	4 - 12 a	10	21	102,4	49	7	12	572	618	211	217
	12 + a	9	34	26,2	29	7	12	50	576	40	211
Colon por enema	0 - 8 a	66	88	18,8	23	2	13	159	363	33,2	131
	8 + a	30	18	16,03	16	5	17	125	374	32,7	83,2
Esofagograma	0 - 1 a	52	356		56	2	5	229	385	38,5	156
	1 - 6 a	86	332	117	50	3	5	365	419	36,5	160,5
	6 - 10 a	18	104	144	48	8	6	300	380	30	151
	10 + a	11	11	117,7	41	8	8	300	380	29	151

La revisión de estrategias basadas en la evidencia para el mejoramiento de la protección radiológica y la optimización de los procedimientos radiológicos pediátricos, identificó 14 acciones (cuadro 6).

Cuadro 6. Acciones orientadas a fortalecer la seguridad de los estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos

1. Documentar dosis de radiación de los estudios.^{12,13,15}
2. Colimación del haz de radiación precisa.^{2,10,12-14}
3. No centrar pacientes con fluoroscopia.^{2,13}
4. Limitar la magnificación electrónica.^{2,10,13,15}
5. Filtración adicional al haz de radiación.
6. Uso de imagen de referencia en lugar de toma de radiografías.^{2,10,12-14}
7. Ajustar parámetros para pediatría.^{2,10,12}
8. Valorar usar protectores gonadales.¹²
9. Inmovilización efectiva.^{2,8,12,14}
10. Retiro de rejilla antidifusora en pacientes de menor volumen.^{2,10,16}
11. Correcta justificación para realizar el estudio de acuerdo con su indicación clínica.^{2,10,12}
12. Protocolos de estudios de acuerdo con indicación clínica.¹²
13. Realizar controles de calidad.^{2,10,12}
14. Capacitación al personal.^{2,15}

Discusión

Este trabajo describe la experiencia con más de 500 estudios radiológicos contrastados especiales pediátricos realizados en el Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, con énfasis en el tiempo de fluoroscopia y el número de imágenes adquiridas así como la edad de los pacientes, cuyos parámetros se obtuvieron del registro de los estudios de CUMS, TGI, esofagogramas y colon por enema.

Con tales parámetros, los análisis comparativos realizados revelaron patrones consistentes en los tiempos de fluoroscopia entre Costa Rica y los datos internacionales reportados en diferentes estudios. Los hallazgos del estudio muestran diferencias sustanciales en las prácticas radiológicas entre Costa Rica y otros países, lo que evidencia desafíos críticos relacionados con la dosimetría en los ERCEP.

Los resultados obtenidos muestran tiempos de fluoroscopia consistentemente menores en los estudios realizados en Costa Rica. Sin embargo, esta aparente ventaja puede ser equívoca al considerar que el tiempo de fluoroscopia, aunque relevante, no pondera las múltiples variables que

afectan la exposición dosimétrica. Factores como la colimación inapropiada, el uso de magnificación electrónica o la omisión de rejillas antidifusoras pueden incidir de manera significativa en la dosis entregada a la persona usuaria.^{10,11} Por ejemplo, la magnificación electrónica puede duplicar la dosis de radiación, mientras que la eliminación de la rejilla antidifusora puede reducirla en un factor de hasta dos.

Por otra parte, la marcada discrepancia en el número de radiografías adquiridas entre los estudios en Costa Rica y los reportados internacionalmente plantea interrogantes sobre las prácticas locales. En particular, los promedios registrados en Costa Rica que superan de manera considerable los valores de referencia de estudios como los de Sulieman et al.¹², podrían reflejar una estrategia que prioriza la obtención de imágenes de alta calidad para la documentación diagnóstica, sacrificando potencialmente, los principios de protección radiológica. La toma de radiografías durante los procedimientos, que implica una dosis significativamente mayor en comparación con la fluoroscopia pulsada, podría estar contribuyendo a un incremento innecesario en la exposición total.^{9,13}

Desde una perspectiva metodológica, el alto número de imágenes radiográficas en Costa Rica, que excede hasta 15 veces los valores reportados internacionalmente podría estar relacionado con diferencias en la formación del personal técnico y médico, así como con variantes en la disponibilidad tecnológica. La especialización en radiología pediátrica y una experiencia profesional superior a 15 años están asociadas con una reducción significativa tanto en el tiempo de fluoroscopia como en el número de radiografías, optimizando así la relación entre dosis y calidad diagnóstica.¹⁴

Al reducir el tiempo de fluoroscopia y el número de adquisiciones se puede contribuir con la optimización radiológica desde una perspectiva operativa, aunque estos parámetros no pueden sustituir por completo la medición directa de magnitudes dosimétricas. El tiempo de fluoroscopia y el conteo de imágenes son parámetros operativos que reflejan cómo se emplea el equipo (estrategias del operador, técnica, necesidad clínica), pero no cuantifican la energía depositada ni el área irradiada y, por tanto, no deben interpretarse como indicadores dosimétricos para la evaluación de la exposición del paciente ni para el establecimiento de NRDs.¹⁶

Los datos presentados confirman la necesidad de establecer niveles de referencia para diagnóstico en Costa Rica, respaldados por mediciones de PDA. Puesto que se reconoce las limitaciones derivadas de utilizar únicamente el tiempo de fluoroscopia y el número de radiografías para la optimización de los ERCEP, esto no se debe interpretar como indicadores dosimétricos, si no como variables de los parámetros operativos que evidencian cómo se usa el equipo de fluoroscopia.^{3,4}

En este sentido, las organizaciones internacionales y las guías técnicas recomiendan explícitamente el uso de magnitudes dosimétricas como el PDA y el kerma en aire en el punto de referencia de entrada ($K_{a,e}$) para la definición y la monitorización de NRDs en procedimientos fluoroscópicos e intervencionistas, incluyendo la población pediátrica. Estas magnitudes son preferibles al tiempo de fluoroscopia o al número de imágenes porque integran información sobre la energía depositada y el área irradiada, datos esenciales para evaluar la exposición del paciente, mientras que los parámetros operativos reflejan principalmente el modo de uso del equipo. En consecuencia, para sustentar NRDs pediátricos robustos y comparables se recomienda la recolección sistemática de DAP y $K_{a,e}$ (estratificada por edad) acompañada de auditorías y procesos de control de calidad que garanticen la calibración y trazabilidad de los detectores de radiación.^{17,18} Lo anterior facilita la comparación con estándares internacionales, también promueve la homogeneización de las prácticas clínicas y la adopción de tecnologías y protocolos que garanticen la protección radiológica para las personas usuarias, el personal ocupacionalmente expuesto y los acompañantes.

La literatura revisada coincide en que el registro sistemático de los parámetros radiológicos y la dosis absorbida por los pacientes es una estrategia fundamental para mejorar la seguridad en los procedimientos fluoroscópicos.^{12,13} En el caso del Servicio de Radiología del HNN, se ha identificado que el equipo de fluoroscopia de la sala 5 cuenta con la capacidad para registrar estos datos, lo que promueve la implementación de expedientes dosimétricos y el cálculo de NRD. No obstante, la operatividad de esta medida depende de la pronta reparación de la cámara de ionización del tubo de rayos X que, evidencian la necesidad de fortalecer el mantenimiento del equipo y la gestión de recursos tecnológicos para la protección radiológica.

La aplicación de técnicas de reducción de dosis como la colimación precisa, el uso de imágenes de referencia y la limitación de la magnificación electrónica han sido ampliamente respaldadas en la literatura internacional como medidas efectivas para minimizar la exposición a la radiación sin comprometer la calidad diagnóstica.^{2,10,15} La correcta colimación del haz de radiación, por ejemplo, es esencial para reducir la dosis innecesaria y evitar la repetición de estudios. En este sentido, el reto en la población pediátrica radica en la dificultad de mantener una inmovilización adecuada, lo que resalta la importancia de contar con personal capacitado y con dispositivos de sujeción adecuados. El Servicio de Radiología del HNN dispone de auxiliares para la inmovilización y permite la presencia de acompañantes con equipo de protección, lo que representa una ventaja en la implementación de estas estrategias. Estas medidas abordan aspectos técnicos, operativos y formativos, y ofrecen una base sólida para guiar la implementación de mejoras prácticas en entornos clínicos.

Se ha demostrado que la optimización de parámetros y técnicas de fluoroscopia, mediante formación continua, contribuye significativamente con la reducción de la dosis en los pacientes.¹⁵ Además, la disponibilidad de equipos avanzados brinda una excelente oportunidad para implementar mejoras basadas en la evidencia, reduciendo la exposición a la radiación sin comprometer la calidad de los estudios diagnósticos. Por lo tanto, la capacitación continua del personal de salud en el uso adecuado de las herramientas para la reducción de dosis es fundamental para garantizar la protección radiológica en los estudios pediátricos.

Se concluye que los tiempos de fluoroscopia utilizados en el país son menores a los típicamente empleados en otros contextos para los estudios seleccionados; sin embargo, el número de radiografías intraprocedimiento realizadas localmente fue mayor. Como parte de la estrategia para mejorar la protección radiológica, se sugiere incrementar ligeramente los tiempos de fluoroscopia con el propósito de reducir la cantidad de radiografías, lo que optimizaría el balance entre la calidad diagnóstica y la exposición a la radiación. Finalmente, es una aspiración permanente la optimización integral de los procedimientos alineada con los principios de justificación y optimización en radiología pediátrica.

Referencias

1. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP publication 85. Ann ICRP. 2000;30: 1–66.
2. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. ICRP Publication 121. Ann ICRP. 2013;42: 1–66.
3. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann ICRP. 2017;46:1–144.
4. European Society of Radiology/European Commission Radiation Protection. European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging. No. 185. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2018. DOI: [10.2833/003998](https://doi.org/10.2833/003998)
5. Gomes Y, Brown G, Davies J, Parange N, Chau M. Establishing diagnostic reference levels for pediatric fluoroscopic examinations in a tertiary hospital. *Pediatr Radiol*. 2022;52: 1296–1305. DOI: [10.1007/s00247-022-05290-1](https://doi.org/10.1007/s00247-022-05290-1)
6. Chytrá K, Novák L, Rejtar P, Homola M, Daničková K, Cervinková I. Radiation exposure of paediatric general radiography, fluoroscopy and CT procedures in the Czech Republic-pilot study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2019;1–6. DOI: [10.1093/raddos/ncz238](https://doi.org/10.1093/raddos/ncz238)
7. Ashworth E, Woods L, Cook V. Diagnostic reference levels in paediatric fluoroscopy: how does a secondary referral centre compare with 2018 European guidelines. *Br J Radiol*. 2021; 94: 20201269. DOI: [10.1259/bjr.20201269](https://doi.org/10.1259/bjr.20201269)

8. Sulieman A, Alzimami K, Elhag B, Babikir E, Alsafi K. Evaluation of radiation dose to pediatric patients during certain special procedures. *Radiat Phys Chem.* 2014;104:267–271. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2013.11.034](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.11.034)
9. Bibbo G, Balman D, Linke R. Diagnostic reference levels for common paediatric fluoroscopic examinations performed at a dedicated paediatric Australian hospital. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2016;60: 469–474. DOI: [10.1111/1754-9485.12478](https://doi.org/10.1111/1754-9485.12478)
10. Hernanz-Schulman M, Goske MJ, Bercha IH, Strauss KJ. Pause and pulse: Ten steps that help manage radiation dose during pediatric fluoroscopy. *Am J Roentgenol.* 2011;197: 475–481. DOI: [10.2214/AJR.10.6122](https://doi.org/10.2214/AJR.10.6122)
11. Lazarus MS, Taragin BH, Malouf W, Levin TL, Nororis E, Schoenfeld AH, et al. Radiation dose monitoring in pediatric fluoroscopy: comparison of fluoroscopy time and dose–area product thresholds for identifying high-exposure cases. *Pediatr Radiol.* 2019;49: 600–608. DOI: [10.1007/s00247-018-04335-8](https://doi.org/10.1007/s00247-018-04335-8)
12. Sulieman A, Elhag B, Alkhorayef M, Babikir E, Theodorou K, Kappas C, et al. Estimation of effective dose and radiation risk in pediatric barium studies procedures. *Appl Radiat Isot.* 2017;138: 40–44. DOI: [10.1016/j.apradiso.2017.07.013](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.07.013)
13. Livingstone RS, Eapen A, Chiramel GK. Radiation dose to paediatric patients undergoing fluoroscopic examinations performed using digital imaging system. *Radiography.* 2008;14: 17–23. DOI: [10.1016/j.radi.2006.06.004](https://doi.org/10.1016/j.radi.2006.06.004)
14. Tzanis E, Raissaki M, Konstantinos A, Damilakis J, Perisinakis K. Radiation exposure to infants undergoing voiding cystourethrography: the importance of the digital imaging technology. *Phys Med.* 2021;85:123–128. DOI: [10.1016/j.ejmp.2021.05.006](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.05.006)
15. Ghodadra A, Bartoletti S. Reducing radiation dose in pediatric diagnostic fluoroscopy. *J Am Coll Radiol.* 2016;13:55–58. DOI: [10.1016/j.jacr.2015.07.03](https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.07.03)
16. Hayashi S, Takenaka M, Hosono M, Kogure H, Hasatani K, Suda T, et al. Diagnostic Reference Levels for Fluoroscopy-guided Gastrointestinal Procedures in Japan from the REX-GI Study: A Nationwide Multicentre Prospective Observational Study. *Lancet Reg Health West Pac.* 2022;20: 100376. DOI: [10.1016/j.lanwpc.2021.100376](https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2021.100376)
17. Vañó E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, et al. ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Ann ICRP.* 2017;46: 1–144. DOI: [10.1177/0146645317717209](https://doi.org/10.1177/0146645317717209)
18. Fisher RF, Applegate KE, Berkowitz LK, Christianson O, Dave JK, DeWeese L, et al. AAPM Medical Physics Practice Guideline 12.a: Fluoroscopy Dose Management. *J Appl Clin Med Phys.* 2022;23:e13526. DOI: [10.1002/acm2.13526](https://doi.org/10.1002/acm2.13526)