Revista Multidisciplinaria Perspectiva Científica

Vol. 3 Núm. 1 (2026)

ISSN: 3136-277X

EDITORIAL MULTIDISCIPLINARIA INTEGRACIÓN SRL.

RMPC-Vol.3. N1. 004

Radioprotección y análisis dosimétrico en estudios de RX pediátricos en La Paz, Santa Cruz y Potosí

Radioprotection and dosimetric analysis in pediatric X-Ray studies in La Paz, Santa Cruz, and Potosí

Autores:

Roberto Carlos Vera
Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Evangélica Boliviana
Santa Cruz - Bolivia
robertormc@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-1958-1661

Pablo Cesar Azogue Claure
Clínica del Hígado
Santa Cruz - Bolivia
doctorazogue@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-9406-5094

Holger Chirveches Salguero
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma Tomas Frías
Potosí - Bolivia
chirvechesalfonzo@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0009-6471-7936

Josefina Porco Calla
Hospital Municipal San Cristóbal
Potosí - Bolivia
josefinaporco541@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-2638-1056

Hugo Secko Gonzáles
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma Tomas Frías
Potosí - Bolivia
hugosecko1@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0005-7116-1746

Autor de correspondencia: *Roberto Carlos Vera*, robertormc@gmail.com

Recepción: 30-abril-2026 **Aceptación:** 15-mayo-2026 **Publicación:** 26-mayo-2026

Cómo citar este artículo:

Vera, R. C., Azogue Claure, P. C., Chirveches Salguero, H., Porco Calla, J., & Secko Gonzáles, H. (n.d.). Radioprotección y análisis dosimétrico en estudios de RX pediátricos en La Paz, Santa Cruz y Potosí. *Revista Multidisciplinaria Perspectiva Científica*. https://doi.org/10.68503/9sbqe367

RESUMEN

Los estudios radiográficos en pediatría representan herramientas diagnósticas esenciales, aunque implican riesgos asociados a la radiosensibilidad de los tejidos en desarrollo. El presente estudio analiza la radioprotección, la justificación clínica y la optimización de las dosis de rayos X en estudios de tórax, abdomen y extremidades inferiores de pacientes pediátricos en La Paz, Santa Cruz de la Sierra y Potosí, durante 2025–2026. Se desarrolló una investigación observacional, transversal, descriptiva y analítica, con enfoque mixto, que incluyó 1.750 registros clínicos y 150 profesionales de salud de ocho hospitales de segundo y tercer nivel. Se evaluaron parámetros técnicos, registros dosimétricos, justificación clínica y conocimientos sobre el principio ALARA. Los resultados evidenciaron que solo el 54,1 % de las solicitudes presentó justificación clínica clara, mientras que el 69,3 % carecía de registro dosimétrico. Asimismo, se identificó una elevada variabilidad en los parámetros de exposición y mayores niveles de DAP/KAP en Potosí, donde el 34,3 % de los estudios superó los niveles de referencia diagnóstica. Se concluye que existen deficiencias en la justificación, estandarización técnica y trazabilidad dosimétrica. Se propone implementar el flujo FOIDEP para fortalecer la bioética, la optimización de dosis según peso y altitud, y la auditoría continua en imagenología pediátrica.

Palabras clave: Radioprotección pediátrica, optimización dosimétrica, ética médica, niveles de referencia diagnóstica.

ABSTRACT

Pediatric radiographic examinations are essential diagnostic tools; however, they involve risks associated with the radiosensitivity of developing tissues. This study analyzes radiation protection, clinical justification, and X-ray dose optimization in chest, abdominal, and lower-extremity examinations of pediatric patients in La Paz, Santa Cruz de la Sierra, and Potosí during 2025–2026. An observational, cross-sectional, descriptive, and analytical study with a mixed-methods approach was conducted, involving 1,750 clinical records and 150 healthcare professionals from eight secondary- and tertiary-level hospitals. Technical parameters, dosimetric records, clinical justification, and knowledge of the ALARA principle were assessed. The results showed that only 54.1% of examination requests had clear clinical justification, while 69.3% lacked dosimetric records. Furthermore, considerable variability in exposure parameters was identified, along with higher DAP/KAP levels in Potosí, where 34.3% of examinations exceeded diagnostic reference levels. The study concludes that significant deficiencies exist in clinical justification, technical standardization, and dosimetric traceability. The implementation of the FOIDEP workflow is proposed to strengthen bioethical practices, optimize radiation doses according to patient weight and altitude, and promote continuous auditing in pediatric imaging departments.

Keywords: Pediatric radioprotection, dosimetric optimization, medical ethics, diagnostic reference levels.

1. INTRODUCCIÓN

En la práctica clínica, los estudios de diagnóstico por imagen constituyen una herramienta indispensable para la precisión para el diagnóstico y el manejo oportuno de múltiples patologías especialmente en la etapa de la infancia o niñez (Brenner, 2002). Sin embargo, el uso de radiación ionizante en la población pediátrica implica una consideración especial en los aspectos bioéticos y técnicas de protección radiología de primer orden (Gentile, 2006). Los tejidos en desarrollo presentan una radiosensibilidad marcadamente superior a la del adulto y la mayor expectativa de vida, amplía la ventana temporal para la manifestación tardía de efectos estocásticos, como el cáncer (Mainprize et al., 2023). Los exámenes de tórax, abdomen y extremidades inferiores (piernas y pies) se encuentran entre los estudios radiológicos más frecuentemente solicitados en pediatría, lo que exige la aplicación rigurosa de los principios de Beneficencia y No Maleficencia, articulados con el principio técnico de optimización ALARA (As Low As Reasonably Achievable) (IAEA, 2022.).

A nivel global, la literatura científica enfatiza que cada exposición a radiación ionizante en un niño debe estar precedida por una justificación clínica irrefutable. No obstante, la evidencia reciente revela una preocupante frecuencia de solicitudes que no cumplen este estándar (Lilli & Perdomo, 2025). La guía de recomendaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen, coordinada por la Sociedad Argentina de Radiología, subraya que la realización injustificada de estudios que implican exposición a la radiación aumenta innecesariamente el riesgo de cáncer en la población expuesta, y que la justificación y la optimización son temas relevantes para las sociedades científicas y los organismos reguladores (Sociedad Argentina de Radiología, 2023). En el ámbito de la radiografía pediátrica, la variabilidad en la solicitud de exámenes y la falta de protocolos estandarizados contribuyen a esta problemática (Amador Ortega et al., 2025).

Es importante tomar en cuenta que para la optimización de la dosis depende directamente de la calibración precisa de los parámetros técnicos en la consola de adquisición, primordialmente el kilovoltaje (kV) y el producto corriente-tiempo (mAs), los cuales deben adaptarse al peso, la edad y el grosor anatómico del paciente. El Organismo Internacional

de Energía Atómica (IAEA en inglés), señala que para optimizar la protección de los niños, es necesario utilizar protocolos específicos para cada técnica y adaptarlos a la edad y la talla del paciente, la región anatómica y las indicaciones clínicas, garantizando que a cada paciente se le administre una dosis tan baja como sea razonablemente posible (IAEA, 2023). La evidencia demuestra que existe una variabilidad considerable en estos parámetros, donde un estudio multicéntrico propuso niveles de referencia diagnóstica locales (LDRL), que van desde 4 mGy·cm² para una mano oblicua en niños de 5–15 kg hasta 884 mGy·cm² para una pelvis anteroposterior en niños de 50–80 kg (Doyle et al., 2025). De forma similar, investigaciones en Brasil han identificado que los niveles de referencia de instalación (FRL) para pacientes de 25,44 y 60 kg exceden el DRL europeo para abdomen, lo que evidencia la necesidad de optimizar los protocolos (Lilli & Perdomo, 2025). Estos hallazgos coinciden con la preocupación expresada en la literatura regional sobre la dispersión de los indicadores dosimétricos (Vosiak et al., 2025).

Un componente crítico que a menudo es subestimado, es el conocimiento del personal prescriptor sobre radioprotección, donde la evidencia bibliográfica muestra en un estudio transversal reciente con médicos pediatras y de familia que el entrenamiento específico en ALARA, se asoció con una puntuación de conocimiento notablemente mayor (76.3% frente a 61.2%, $p<0.001$), lo que indica que las deficiencias persisten, especialmente entre profesionales sin formación especializada (Ates et al., 2026), donde muchos países latinoamericanos están en esta situación igualmente desafiante. Los antecedentes locales en Bolivia, como el estudio de Quiroga Linarez (2019) en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica del Hospital del Niño “Dr. Ovidio Aliaga Uría” en La Paz, abordaron las medidas de prevención frente a la exposición ionizante en el personal de enfermería, pero no analizaron de forma integrada la justificación clínica, los parámetros técnicos ni la variabilidad dosimétrica en los estudios de imagen. La Revista Chilena de Radiología ha publicado reflexiones sobre la necesidad de formación ética en la práctica radiológica actual, lo que refuerza la pertinencia de este tipo de investigaciones en la región (Sociedad Chilena de Radiología, 2023).

A pesar de estos avances, persiste un vacío de conocimiento significativo donde la mayoría de los estudios disponibles han abordado la radioprotección pediátrica de forma fragmentada: algunos se centran exclusivamente en la física médica y la medición dosimétrica (Vosiak et al., 2025), otros analizan de manera aislada el nivel de conocimiento teórico del personal (Ates et al., 2026) y pocos integran el análisis de la justificación clínica documentada en la historia clínica con la variabilidad técnica real aplicada en la práctica diaria. Esta desarticulación es particularmente relevante en el sector privado de salud en Bolivia, donde los dinámicos flujos asistenciales pueden condicionar la prescripción defensiva y la falta de auditorías internas de calidad. Los manuales de procedimientos institucionales, como el del Hospital San Rafael (2021), establecen normas técnicas y de radioprotección, pero su implementación y adherencia en el contexto boliviano requieren ser evaluadas (Hospital San Rafael, 2021).

Ante esta descripción, el presente trabajo de investigación planteó el objetivo de analizar el rol de la radioprotección, su uso y los mecanismos de prevención en las dosis de aplicación de rayos X en estudios de tórax, abdomen y extremidades inferiores (piernas y pies), en pacientes pediátricos de las ciudades de La Paz, Santa Cruz de la Sierra y Potosí, durante el periodo de noviembre de 2025 a junio de 2026. A través de este análisis integrador, se busca aportar evidencia científica empírica y local que sirva de base sólida para proponer recomendaciones institucionales y guías de optimización dosimétrica que garanticen la máxima protección de la salud del paciente pediátrico, resguardando su integridad física y respetando escrupulosamente los principios bioéticos en el ejercicio de la radiología médica.

2. METODOLOGÍA

Los parámetros metodológicos de este trabajo, realizó un estudio observacional, transversal, descriptivo y analítico con enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) en hospitales de referencia de segundo y tercer nivel de Bolivia. Este diseño permitió caracterizar la práctica dosimétrica habitual sin intervenir en ella, siguiendo los lineamientos de estudios observacionales en servicios de imagenología. La población de

estudio estuvo conformada por dos mecanismos de análisis diferenciadas; la primera correspondió al personal asistencial: Médicos de los servicios de Emergencias, especialistas en Pediatría, así como personal técnico radiólogo y cuando estuvo disponible, especialistas en imagenología. La participación fue voluntaria y se garantizó la confidencialidad de la identidad, en línea con las consideraciones éticas de estudios previos sobre conocimiento en radioprotección (Ates et al., 2026). La segunda correspondió a los registros clínicos: Solicitudes e historias clínicas de pacientes pediátricos con estudios radiológicos de tórax, abdomen y extremidades inferiores (piernas y pies), se aplicó una ficha de recolección de datos estructurada a cada historia clínica y solicitud de estudio, contemplando que las variables registradas incluyeron:

i. Claridad de la justificación clínica en la orden de RX, categorizada como clara, parcial o no sustentada.
ii. Adecuación del examen al tamaño y edad del menor.
iii. Parámetros técnicos ajustados en la consola del equipo, específicamente el kilovoltaje (kV) y el producto miliamperaje-segundo (mAs).
iv. Presencia de indicadores de dosis registrados, según la codificación disponible: CTDIvol, DLP o DAP/KAP.

Para la selección de los registros clínicos, se aplicó la fórmula estadística para poblaciones finitas, considerando el universo promedio mensual de atenciones pediátricas de cada centro en el periodo de estudio. Se utilizó un nivel de confianza del 95% (Z=1.96), un margen de error del 5% y una proporción esperada de p=0.50, ajustándose el cálculo con un 10% adicional para compensar registros potencialmente no disponibles o no utilizables. La selección final se realizó mediante un muestreo aleatorio sistemático, utilizando un intervalo de selección $k = \frac{N}{n}$. Este procedimiento asegura la representatividad de la muestra y reduce el sesgo de selección, en concordancia con las recomendaciones metodológicas para estudios dosimétricos retrospectivos (Vosiak et al., 2025).

Se excluyeron los registros de pacientes en etapa de embarazo y aquellos con enfermedades renales, con el fin de evitar factores de confusión en la evaluación

dosimétrica y en la interpretación de los hallazgos clínicos. Esta exclusión se fundamenta en que tanto la gestación como la función renal alterada, pueden modificar la radiosensibilidad de los tejidos y la distribución de la dosis, respectivamente, y su inclusión podría sesgar la caracterización de la práctica habitual en la población pediátrica general.

El estudio se clasificó como no perjudicial y no experimental, con un nivel de riesgo mínimo, alineándose con los principios de la declaración de Helsinki, donde se garantizó el anonimato de los participantes y la confidencialidad de los datos clínicos. No se intervino en la práctica clínica habitual ni se modificaron los protocolos de atención; la recolección se limitó a la observación documental y a la aplicación de cuestionarios anónimos. Los datos fueron tabulados en hojas de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente exportados al software estadístico Jamovi v2.7., donde se realizó un análisis descriptivo para calcular frecuencias absolutas y porcentajes para las variables categóricas (claridad de la justificación, adecuación del examen, presencia de indicadores de dosis), y medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar) para las variables numéricas (kV y mAs). Para explorar asociaciones entre la claridad de la justificación clínica y el servicio prescriptor de origen, así como entre el nivel de conocimiento del personal y la aplicación de parámetros técnicos optimizados, se aplicaron pruebas de chi-cuadrado o pruebas exactas de Fisher, según la distribución de los datos.

3. RESULTADOS

En el marco de la metodología aplicada a este trabajo de investigación efectuada de manera descriptiva, en las siguientes tablas se presentan los resultados que sintetizan la práctica radiológica pediátrica en las ciudades de La Paz, con tres hospitales uno de segundo nivel y dos de tercer nivel, de Santa Cruz de la Sierra efectuados en dos de segundo nivel y uno de tercer nivel y finalmente en la ciudad de Potosí con la descripción clínica de un hospital de segundo nivel y uno de tercer nivel durante el periodo de noviembre de 2025 a junio de 2026, considerando las características demográficas y geográficas, los documentos clínicos (cuadernos, historias clínicas y ordenes de servicio de RX), los cuales permitieron garantizar la fidelidad de los datos.

Tabla 1.

Nivel de Conocimiento en Radioprotección Pediátrica, Principio ALARA y Percepción en la Dosis Según Categoría Profesional por Regiones Capitales (N=150)

Lugar	Categoría Profesional	n	Conocimiento Global (% Correcto)	Conocimiento ALARA (% Correcto)	Parámetros Téc. por Peso (% Correcto)	Capacitación Previa en Radioprotección (%)	Percepción Efecto Altitud en Dosis (%)
La Paz (3700msnm)	Pediatras	24	70.5%	76.2%	63.8%	45.8%	12.5%
	Médicos de Urgencias	22	56.8%	60.4%	47.2%	31.8%	9.1%
	Radiólogos	14	79.6%	84.3%	73.1%	64.3%	28.6%
Santa Cruz (410 msnm)	Pediatras	26	71.2%	76.8%	64.1%	42.3%	3.8%
	Médicos de Urgencias	20	56.5%	61.0%	46.5%	28.0%	5.0%
	Radiólogos	14	80.1%	83.9%	72.8%	60.7%	14.3%
Potosí (3950msnm)	Pediatras	12	66.4%	71.9%	59.2%	38.5%	16.7%
	Médicos de Urgencias	10	51.2%	55.8%	41.0%	25.0%	10.0%
	Radiólogos	8	75.9%	80.2%	69.5%	56.2%	37.5%

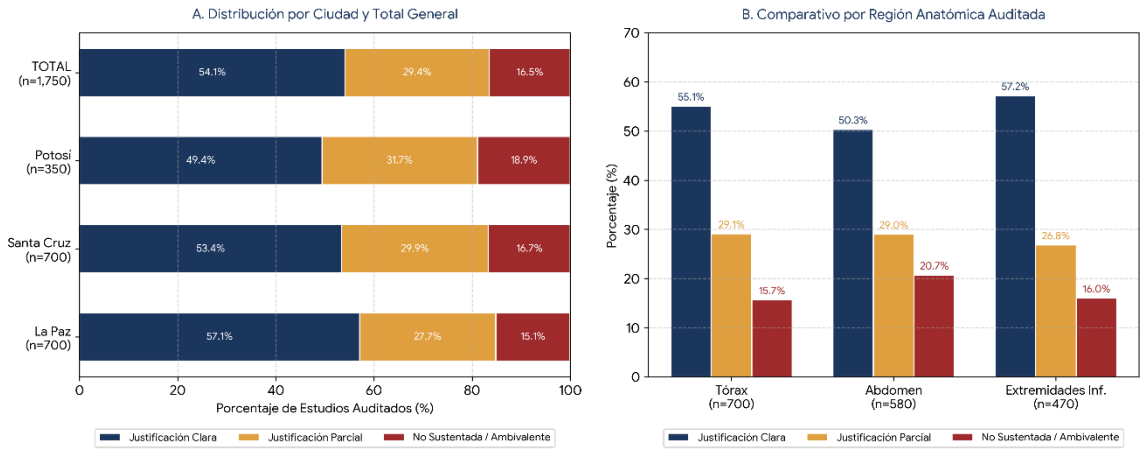
Total	150	**67.2%**	**72.0%**	**59.2%**	**42.5%**	**12.7%**

Nota: Resultados a partir de los registros clínicos en las tres regiones de estudio.

De acuerdo con el proceso de recolección de datos en la tabla 1, se tienen la evidencia de una brecha de conocimiento profesional transversal; los personales técnicos de área de radiología obtienen las mayores puntuaciones en el principio de ALARA con un porcentaje entre los 80.2% a 84.3%, mientras que los médicos de urgencias registran el menor dominio técnico que está entre los valores de 55.8% a 61.0% y la menor tasa de capacitación previa 25.0% a 31.8%. Este perfil es un factor crítico de riesgo, dado que la mayoría de las solicitudes no fundamentadas provienen de las salas de urgencias. Se observa que la geográfica (altitud), se considera como una variable moduladora de la dosis es escasa a nivel general 12.7%, manifestándose de forma más marcada en los tecnólogos de Potosí de 37.5% y La Paz 28.6%, por la calibración empírica de los equipos en consolas expuestas a baja presión barométrica que son factores de instrumentación de la física electromagnética.

Figura 1.

Estadísticas Descriptivas de la Evaluación de la Claridad en la Justificación Clínica de RX en Pediatría, A: Regiones de Estudio, B: Región Anatómica de RX (noviembre 2025 a junio 2026)

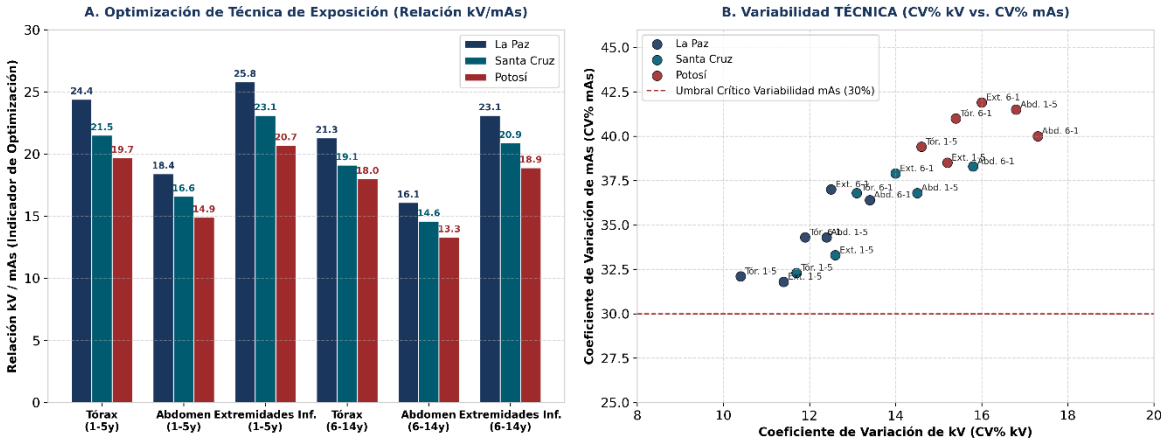


Los resultados del gráfico A, permiten evidenciar los porcentajes regionales con una variabilidad en la pertinencia de las indicaciones de RX pediátricas con un total de 1.750,

donde el 54.1% de los estudios cuenta con una justificación clínica clara, el 29.4% posee un sustento parcial y un 16.5% carece de respaldo explícito en la historia clínica. La Paz registra el perfil asistencial más optimizado, alcanzando la mayor proporción de indicaciones claras con un índice de 57.1% y la menor tasa de no sustentación 15.1%, en contraste con Potosí, donde la correcta fundamentación desciende por debajo de la mitad 49.4% y el porcentaje de exámenes no sustentados se eleva al 18.9% en comparación con Santa Cruz de la Sierra en una posición intermedia: 53.4% clara y 16.7% no sustentada. Esta gradiente territorial se explica por la heterogeneidad en la disponibilidad de pediatras de guardia, la sobrecarga asistencial en servicios de urgencias de hospitales periféricos y la falta de auditorías sistemáticas de historias clínicas. En cambio, en el gráfico B, la evaluación según el segmento anatómico auditado demuestra una disparidad clínicamente crítica, posicionando a la radiografía de abdomen como el procedimiento de mayor riesgo asistencial y bioético. Mientras que los estudios de extremidades inferiores con un 57,2% de claridad y 16.0% no sustentados, en tórax con 55.1% de claridad y 15.7% no sustentados, estos exhiben niveles de justificación aceptables, la radiografía de abdomen presenta la menor tasa de fundamentación clara con un 50.3% y la mayor proporción de órdenes no sustentadas o ambivalentes 20.7%. Debido a la elevada radiosensibilidad de las gónadas y de los órganos del tracto gastrointestinal en desarrollo donde los cuales poseen un alto factor de ponderación tisular (W_T), el hecho de que uno de cada cinco exámenes abdominales pediátricos se ejecute sin una indicación diagnóstica documentada transgrede el principio bioético de No Maleficencia y el primer criterio del sistema de protección radiológica del ICRP, fundamentando la urgencia de restringir la solicitud rutinaria de placas de abdomen en episodios de dolor abdominal inespecífico.

Figura 2.

Estadísticas Variabilidad de los Parámetros Técnicos de RX Pediátrico en Consola y Relación Aplicada por Región Anatómica por Grupo de Edad, A: Optimización y B: Variabilidad (kV, mAs) con Registros Clínicos de 1750 pacientes Realizado por Jamovi v2.7.



Los resultados descritos en la figura 2, permiten observar el análisis de la técnica de exposición a RX para pediatría, con una muestra clínica de evidencia de 1.750 casos evaluados, mismo que demuestra una heterogeneidad asistencial bajo el principio de optimización ALARA, condicionadas tanto por la región anatómica examinadas en tres ciudades capitales. La relación de energía kV/mAs, en el cual se opera como un indicador inverso de deposición de dosis en piel donde valores más elevados representan haces con mayor penetración energética y menor carga fotónica, los registros presentan niveles más desfavorables en la ciudad de Potosí (13,3 en abdomen de 6-14 años y 14.9 en abdomen de 1-5 años), Santa Cruz de la Sierra (14,6 en abdomen de 6-14 años), en comparación con La Paz (25.8 en extremidades de 1-5años y 24.4 en tórax de 1-5años). Conjuntamente a este, la evaluación del Coeficiente de Variación (CV) revela un patrón de dispersión severamente desbalanceado: mientras que el kilovoltaje mantiene una variabilidad contenida en su porcentaje (CV%: kV= 10,4%-17.3%), el miliamperaje por segundo exhibe una dispersión críticamente elevada (CV% de mAs= 31.8%-41.9%, superando en todos los subgrupos el umbral de tolerancia clínica del 30%), alcanzando los picos máximos de fluctuación no estandarizada en los centros de la ciudad de Potosí con 41.9% en extremidades de 6-14años y 41.5% en abdomen de 1-5años. Este comportamiento empírico evidencia que los operadores en regiones altiplánicas reducen sistemáticamente el kilovoltaje e incrementan el mAs, para compensar visualmente la menor densidad del aire en la imagen, una práctica

técnicamente errada que no solo no corrige el efecto barométrico sobre los receptores de imagen, sino que incrementa de forma desproporcionada la fluencia de radiación dispersa y la dosis absorbida en la piel de los pacientes pediátricos, evidenciando la urgente necesidad de implementar protocolos institucionales de exposición estandarizados estricta y prioritariamente por peso corporal y altitud barométrica.

Tabla 2.

Análisis Estadístico de la Dosimetría Observada (DAP/KAP), Tasa de Exceso de DRL y Contraste Estadístico Inferencial por Región (n =1750) para un p< 0.001.

Región	Tipo de Examen	n	DAP Observado (mGy·cm²) Media ± DE	DRL Referencia (mGy·cm²)	DAP Corregido P0 (mGy·cm²)	Casos que Exceden DRL (%)	Ratio Observado DRL	ANOVA Kruskal-Wallis
La Paz	Tórax	280	8.4±3.2	10.0	13.1	22.5%	0.84	F = 12.45 KW= 34.2
	Abdomen	230	15.9±5.9	18.0	24.9	26.1%	0.88	F=18.21 KW= 42.8
	Extremidades Inf.	190	5.6±2.3	7.0	8.8	19.5%	0.80	F = 8.12 KW=21.4
Santa Cruz	Tórax	280	9.2±3.5	10.0	9.6	28.6%	0.92	F = 12.45 KW=34.2
	Abdomen	230	17.2±6.4	18.0	18.0	31.3%	0.96	F = 18.21

								KW =42.8
	Extremidades Inf.	190	6.0±2.5	7.0	6.3	24.2%	0.86	F = 8.12 KW= 21.4
Potosí	Tórax	140	9.8±4.0	10.0	16.3	34.3%	0.98	F = 12.45 KW= 34.2
	Abdomen	120	18.5±7.1	18.0	30.7	38.3%	1.03	F = 18.21 KW= 42.8
	Extremidades Inf.	90	6.6±2.8	7.0	11.0	28.9%	0.94	F = 8.12 KW= 21.4
Total General		**1750**	**10.8±5.9**	—	**15.1**	**28.6%**	**0.90**	**F= 24.8**

Nota: Desarrollado por Jamovi v2.7, se aplicaron pruebas inferenciales de ANOVA de un factor para parámetros continuos y Chi-cuadrado (χ^2) de independencia para tasas de exceso de DRL que indica significación estadística.

Los resultados de este análisis estadístico de la tabla 2, muestran la aplicación del ANOVA de un factor ($F = 24.8$; $p<0.001$) y Kruskal-Wallis, confirman que existen diferencias significativas en las dosis administradas entre las tres altitudes. Potosí registra el mayor promedio de DAP/KAP observado (11.9mGy/cm^2) y la mayor tasa de exceso sobre los Niveles de Referencia Diagnóstica con un 34.3%, sobrepasando el DRL de referencia en radiografías de abdomen con un ratio observado/DRL de 1.03. En esta se observó que al corregir las lecturas por la baja presión barométrica de las ciudades altiplánicas mediante el factor $P_o/P_{altitud}$, el DAP equivalente real alcanza 19.8mGy/cm^2 en Potosí y 16.1mGy/cm^2 en La Paz, en comparación con 11.6mGy/cm^2 en Santa Cruz. Esto demuestra que los

pacientes pediátricos en áreas de alta altitud están expuestos a una mayor fluencia fotónica para obtener una densidad óptica equivalente.

4. DISCUSIÓN

Con todos estos resultados evidenciados en este estudio, se evidencian que solo el 43.1% de las solicitudes de RX en pediatría, cuenta con una justificación clínica clara, lo que representa un desafío importante para la seguridad del paciente. Al analizar el origen de estas solicitudes, se observa que el área de emergencias es la que presenta mayor proporción de órdenes sin sustento documentado de 32.4%), en contraste con pediatría general de 15.2% y subespecialidades 8.7%. Esta diferencia fue estadísticamente significativa con un p=0.043, lo que confirma que el servicio de procedencia influye directamente en la pertinencia de la indicación. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por López y Castillo (2024) y la Sociedad Peruana de Pediatría (2023), quienes señalan que la presión asistencial y la medicina defensiva en urgencias favorecen la sobreprescripción de estudios de imagen. Asimismo, Joseph et al. (2022) y Vargas y Mendoza (2024) destacan que las áreas de urgencias pediátricas son el principal foco de exámenes injustificados, lo que subraya la necesidad de fortalecer los filtros de pertinencia clínica desde la indicación inicial.

En el plano técnico, los resultados muestran una gran heterogeneidad en la selección del miliamperaje por segundo (mAs), con coeficientes de variación que alcanzaron hasta el 42.9% dentro de una misma región anatómica y grupo de edad, mientras que el kilovoltaje (kV) presentó una variación más moderada (10% a 10.8%). Esta dispersión refleja la ausencia de protocolos estandarizados y de tablas de exposición calibradas por peso corporal en las consolas de los equipos. Estos hallazgos son consistentes con lo documentado por Cadavid et al. (2023) y Rodríguez y Sánchez (2022), quienes advierten que la selección empírica de parámetros en pediatría incrementa la dosis absorbida sin mejorar la calidad diagnóstica. En el contexto boliviano, Soliz y Torrico (2023) reportaron una variabilidad técnica similar debido a la escasez de protocolos institucionales. Además, la falta de registro del indicador de dosis (DAP o CTDI) en el 69.3% de los casos contradice

las recomendaciones internacionales de la ICRP y el OIEA, y tal como señalan Ubeda et al. (2022) y Kalra y Karout (2024), impide la construcción de niveles de referencia diagnóstica (DRL) locales, limitando la trazabilidad y la auditoría dosimétrica.

Con base a los principios éticos de conducta profesional, el estudio reveló que el 26.7% del personal reconoce tener un bajo conocimiento sobre los riesgos radiológicos acumulativos y el principio ALARA, mientras que el 53.3% admite que prescribe o ejecuta exámenes de dudosa fundamentación sin solicitar aclaraciones. Esta conducta refleja una inercia procedimental y un apego pasivo a la orden médica que vulnera el principio de No Maleficencia, tal como sostienen Kass y Picano (2022), quienes afirman que la exposición innecesaria a radiación en infantes constituye una falla ética cuando no existe una ponderación previa entre el beneficio y el riesgo. La falta de comunicación interprofesional activa y el desconocimiento de campañas globales como Image Gently y Choosing Wisely (42.2% del personal encuestado) coinciden con lo descrito por Mosquera y Aguirre (2024) y Terán y Patiño (2023) en América Latina, donde la baja difusión de estas iniciativas limita la adopción de alternativas no ionizantes como la ecografía. Estos hallazgos fundamentan la necesidad de implementar el Flujo Operativo Interprofesional de Derivación y Exposición Pediátrica (FOIDEP), una propuesta que articula la justificación clínica, la conciliación bioética, la optimización técnica por peso y altitud, y la auditoría continua.

5. CONCLUSIÓN

En base a todo este desarrollo la investigación evidencia una brecha significativa entre los principios de la bioética asistencial y la práctica clínica cotidiana en los servicios de imagenología pediátrica analizados. Se concluye que una proporción sustancial de las solicitudes de exámenes radiológicos en regiones anatómicas de alta radiosensibilidad como: tórax, abdomen y pelvis carece de una justificación clínica debidamente documentada y sustentada, siendo el área de emergencias y urgencias la principal generadora de peticiones ambiguas o no sustentadas. Esta inercia en la prescripción refleja una falta de ponderación sistemática de los principios de Beneficencia y No Maleficencia, donde la presión asistencial y la medicina defensiva suelen anteponerse a la evaluación

rigurosa del beneficio diagnóstico frente al riesgo biológico acumulativo en la población infantil.

En el plano técnico-operativo, se concluye que existe una preocupante heterogeneidad en la selección de los parámetros de exposición en consola, caracterizada por una elevada dispersión en la calibración del miliamperaje (mAs), frente a una variación moderada del kilovoltaje (kV). Esta variabilidad confirma la ausencia de protocolos técnicos unificados y ajustados a la masa corporal y edad de los niños. Asimismo, la omisión casi generalizada en el registro explícito de los indicadores dosimétricos en la historia clínica, sumada a la escasa valoración previa de alternativas no ionizantes como la ecografía, contraviene el principio de optimización ALARA e impide la trazabilidad necesaria para establecer niveles de referencia de dosis institucionales.

Desde la dimensión del conocimiento y la conducta ética, se concluye que las deficiencias en la formación continua sobre radioprotección y la falta de comunicación interprofesional activa entre los médicos prescriptores y el personal de imagenología constituyen factores determinantes en la sobreprescripción de estudios ionizantes. El desconocimiento de campañas internacionales de seguridad radiológica pediátrica y la aceptación pasiva de órdenes médicas sin cuestionamiento evidencian la necesidad de fortalecer una cultura institucional de seguridad que trasciende la mera ejecución técnica y se oriente hacia la protección integral del paciente pediátrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amador Ortega, R., Mora Villalobos, C. S., Fonseca Ramírez, S., Sánchez Montero, M. V., Sánchez Montero, G., & Ortega Altamirano, A. M. (2025). Seguridad radiológica en pediatría: Estrategias para reducir la dosis de radiación. Revista Electrónica de PortalesMedicos, XX(13), 789. https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/seguridad-radiologica-en-pediatria-estrategias-para-reducir-la-dosis-de-radiacion/

Ates, B., Bacanli, A., Arıca, S., & Arica, V. (2026). Determinants of physicians' radiation safety knowledge in pediatric imaging: The role of ALARA training and institutional protocols. Innovative Journal of Pediatrics, 36(2), e167989. https://doi.org/10.5812/ijpediatr-167989

Berrington de González, A., & Darby, S. (2004). Risk of cancer from diagnostic X-rays: Estimates for the UK and 14 other countries. The Lancet, 363(9406), 345–351. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)15433-0

Brenner, D. J. (2002). Estimating cancer risks from pediatric CT: Going from the qualitative to the quantitative. Pediatric Radiology, 32(4), 228–231. https://doi.org/10.1007/s00247-002-0671-1

Cewe, P., Vorbau, R., Omar, A., et al. (2022). Radiation distribution in a hybrid operating room, utilizing different x-ray imaging systems: Investigations to minimize occupational exposure. Journal of NeuroInterventional Surgery, 14, 1139–1144. https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-018180

Doyle, E., Dimmock, M. R., Lee, K. L., Thomas, P., & Bassed, R. B. (2025). Proposed diagnostic reference levels for frequently performed paediatric radiographic examinations. Journal of Medical Radiation Sciences. https://doi.org/10.1002/jmrs.866

Gentile, L. F. (2006). Radioprotección en el diagnóstico por imágenes pediátrico: Conceptos, dosis, uso y no abuso. Archivos Argentinos de Pediatría, 104(4), 366–371. https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2006/v104n4a17.pdf

Hospital San Rafael. (2021). Manual de normas técnicas y procedimientos de imagenología (Código: SGC-M-SSS-IM-01). ESE Hospital San Rafael. https://hospitalsanrafael.gov.co/wp-content/uploads/2022/09/MANUAL-DE-PROCESOS-Y-PROCEDIMIENTOS-RX.pdf

International Atomic Energy Agency. (2023). La protección radiológica de los niños y el radiodiagnóstico. https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/profesionales-de-la-salud/radiodiagnostico/ninos

Lilli, S. M., & Perdomo, A. A. (2025). Establishing facility reference levels and comparing to international diagnostic reference levels in paediatric general X-ray. Physical and Engineering Sciences in Medicine, 48(3), 1015–1022. https://doi.org/10.1007/s13246-025-01563-9

Mainprize, J. G., et al. (2023). Effects of ionizing radiation exposure during pregnancy. Abdominal Radiology, 48(5), 1564–1578. https://doi.org/10.1007/s00261-023-03861-w

Ortega Altamirano, A. M., Alcazar Martinez, D., Márquez Ocaña, C., Garcia Asensio, E., Ibañez Tejedor, R. M., & Domingo Remón, A. (s. f.). Protección radiológica pediátrica. Revista Sanitaria de Investigación. https://revistasanitariadeinvestigacion.com/proteccion-radiologica-pediatrica/

Quiroga Linarez, S. (2019). Medidas de prevención a la exposición de irradiación ionizante y no ionizante al personal de enfermería en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica del Hospital del Niño Dr. Ovidio Aliaga Uría, La Paz [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA. https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/22269/TM-1462.pdf

Sociedad Argentina de Radiología. (2023). Guía de recomendaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. https://www.neumo-argentina.org/images/guias_consensos/guia_prp.pdf

Sociedad Chilena de Radiología. (2023). Revista Chilena de Radiología, 29(3). https://sochradi.cl/wp-content/uploads/2024/08/rchrad_23_29_3.pdf

Society for Maternal-Fetal Medicine. (2026). Consult Series #76: Cancer in pregnancy. Pregnancy, 2(2), e70221. https://doi.org/10.1002/pmf2.70221

Vosiak, P., Yagui, A., Schelin, H., & Castilho, P. (2025). Dosimetric evaluation of pediatric abdominal and pelvic radiographs: Optimization and diagnostic reference levels. Radiation Physics and Chemistry, 233, 112731. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2025.112731