

Exposición a rayos X de los neonatos prematuros en una unidad de cuidados intensivos neonatales. Estudio observacional retrospectivo

X-ray exposure of premature infants in a neonatal intensive care unit. Retrospective observational study

Ruben Dario Pavon Diarte^{1,2} , Patricia Arias³ , Laura Evangelina Godoy Sánchez^{1,2} , Mirta N Mesquita Ramirez^{1,2} 

¹Hospital General Pediátrico Niños de Acosta Ñu. San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Asunción, Paraguay.

³Hospital Materno Infantil San Pablo. Asunción, Paraguay.

RESUMEN

Introducción: La cuantificación de la dosis recibida durante los estudios radiológicos presenta desafíos técnicos, pero constituye un componente esencial de la seguridad del paciente. **Objetivo:** describir la frecuencia y la dosis de entrada a la piel (DEP) acumulada de radiación por rayos X, en neonatos pretérmino internados en la Unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) de una maternidad pública durante el año 2023. **Materiales y Métodos:** estudio observacional descriptivo retrospectivo. Fueron incluidos prematuros de 24 a 36,5 semanas de edad gestacional, egresados de la UCIN y sometidos a estudios radiográficos durante la hospitalización. Variables: sexo, edad gestacional, diagnóstico, localización anatómica de la radiografía (RX), número de RX y DEP acumulada y equipo radiológico utilizado. El cálculo de la dosis acumulada, se realizó de acuerdo con los parámetros utilizados por los radiólogos y se expresó en mGy. Los datos fueron analizados en SPSS. El comité de ética institucional aprobó el protocolo de estudio. **Resultados.** Fueron incluidos 209 prematuros con edad gestacional $31,5 \pm 3$ semanas, peso 1648 ± 680 g. Se realizó 592 Rx, $7,7 \pm 8$ por paciente, Min 1 y Max 50. La DEP acumulada fue $0,908 \pm 1269$ mGy, Min 0,10 Max 9,8 mGy. Se encontró correlación positiva entre el número de Rx y la dosis acumulada $r=0.86$. **Conclusiones:** El promedio de radiografías por paciente fue de 7, con un máximo de 50; sin embargo, la mayoría de los neonatos tuvo menos de 10

ABSTRACT

Introduction: Quantifying the dose received during radiological studies presents technical challenges, but it is an essential component of patient safety. **Objective:** To describe the frequency and cumulative skin entry dose (SED) of X-ray radiation in preterm infants admitted to the Neonatal Intensive Care Unit (NICU) of a public maternity hospital during 2023. **Materials and Methods:** This was a retrospective descriptive and observational study. Premature infants aged 24 to 36.5 weeks gestational age, discharged from the NICU and undergoing radiographic studies during hospitalization, were included. Variables: sex, gestational age, diagnosis, anatomical location of the radiograph (X-ray), number of X-rays, cumulative radiation dose (RDD), and radiological equipment used. The cumulative dose was calculated according to the parameters used by the radiologists and expressed in mGy. Data were analyzed using SPSS. The institutional ethics committee approved the study protocol. **Results:** 209 premature infants with a gestational age of 31.5 ± 3 weeks and a weight of 1648 ± 680 g were included. A total of 592 X-rays were performed, 7.7 ± 8 per patient, with a minimum of 1 and a maximum of 50. The cumulative radiation dose was 0.908 ± 1269 mGy, with a minimum of 0.10 and a maximum of 9.8 mGy. A positive correlation was found between the number of X-rays and the cumulative dose ($r=0.86$). **Conclusions:** The average number of X-rays per patient was 7, with a maximum of 50; however,

Correspondencia: Mirta N Mesquita Ramirez correo: mirtanmr@gmail.com

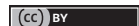
Conflicto de interés: Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Financiación: La investigación no tuvo financiación externa.

Editor responsable: Leticia Ramirez Pastore  Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas, Cátedra de Clínica Pediátrica, Medicina Interna. San Lorenzo, Paraguay.

Recibido: 26/01/2026 **Aprobado:** 06/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.31698/ped.53012026008>

 Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons CC-BY 4.0

radiografías durante su hospitalización. La DEP acumulada de radiación recibida, aun utilizando equipos digitales, fue elevado de acuerdo a los estándares internacionales. Hubo correlación positiva entre el número de radiografías realizadas y las dosis de radiación acumulada.

Palabras claves: Dosis, radiación, recién nacido pretérmino, exposición, radiografía, unidad de cuidados intensivos neonatales.

most neonates had fewer than 10 X-rays during their hospitalization. The cumulative radiation exposure (DEP), even when using digital equipment, was high. There was a positive correlation between the number of X-rays performed and the cumulative radiation dose.

Keywords: Dose, radiation, preterm newborn, exposure, X-ray, neonatal intensive care unit, preterm newborn, exposure, radiography, neonatal intensive care unit.

INTRODUCCIÓN

Los rayos X constituyen una forma de radiación electromagnética de alta energía capaz de atravesar los tejidos y generar imágenes internas del organismo, particularmente de estructuras óseas y pulmonares⁽¹⁾. La radiación ionizante puede producir daño biológico mediante dos mecanismos: efectos estocásticos y no estocásticos. Los primeros, también denominados probabilísticos, incrementan su probabilidad de aparición con la dosis recibida y no presentan un umbral definido; entre ellos se incluyen las mutaciones genéticas y el cáncer. Los efectos no estocásticos, en cambio, se manifiestan cuando se supera un umbral de dosis y comprenden lesiones como quemaduras por radiación, cataratas y daño en órganos específicos⁽²⁾.

La cuantificación de la dosis recibida durante los estudios radiológicos presenta desafíos técnicos, pero constituye un componente esencial de la seguridad del paciente. Las dosis pueden expresarse mediante diferentes parámetros, como la exposición, la dosis equivalente (H), la dosis efectiva (WT) y la dosis absorbida (Gy o rad), que representa la energía depositada por unidad de masa. La realización de estudios imagenológicos con dosis conocidas permite optimizar la relación entre exposición y calidad diagnóstica⁽³⁻⁵⁾. Existen dosis de referencia internacionales que orientan la práctica clínica, y el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) constituye un pilar fundamental para minimizar la exposición a niveles tan bajos como sea razonablemente posible, considerando beneficios clínicos y limitaciones tecnológicas⁽⁶⁾.

En países desarrollados, como Estados Unidos y Alemania, las instituciones aplican estándares

estrictos basados en recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y de organismos nacionales. Entre las prácticas habituales se incluyen el monitoreo de la dosis acumulada por paciente, el uso preferencial de técnicas no ionizantes cuando es factible y la implementación de protocolos automatizados que reducen la variabilidad y los errores humanos⁽⁷⁾.

En la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN), los recién nacidos —especialmente los prematuros de bajo y muy bajo peso— requieren con frecuencia estudios radiológicos para diagnóstico y seguimiento, principalmente radiografías de tórax y abdomen⁽⁸⁾. Este grupo presenta mayor susceptibilidad a los efectos de la radiación debido a su elevada tasa de división celular, menor tamaño corporal y mayor expectativa de vida, lo que incrementa el riesgo de desarrollar patologías inducidas por radiación^(9,10). El riesgo se acentúa cuando la dosis se acumula por la repetición de estudios y por la insuficiente aplicación de medidas de protección radiológica, como colimación adecuada, uso de filtros o ajustes técnicos según peso y edad gestacional⁽¹¹⁾.

En Paraguay, el Hospital General Materno Infantil San Pablo es un centro de referencia en atención neonatal, con cerca de 4000 nacimientos anuales y una prevalencia de prematuridad cercana al 8% en 2023. No se han identificado estudios nacionales que cuantifiquen la frecuencia ni la dosis acumulada de exposición a radiación en neonatos prematuros, lo que limita el desarrollo de políticas y protocolos adaptados al contexto local. Esta ausencia de información evidencia la necesidad de evaluar la exposición a rayos X en esta población, con el fin de

orientar estrategias de protección radiológica y fortalecer la vigilancia epidemiológica.

El objetivo del presente estudio fue describir la frecuencia y la DEP acumulada de radiación por rayos X, estimada a partir del número de estudios imagenológicos realizados en neonatos pretérmino internados en la UCIN de una maternidad pública durante el año 2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y población

Se realizó un estudio observacional descriptivo, de corte transversal y de carácter retrospectivo. Fueron elegibles los neonatos con edad gestacional entre 24 y 36,5 semanas, hospitalizados en la UCIN del Hospital Materno Infantil San Pablo durante el periodo comprendido entre enero a diciembre de 2023, y que hubieran sido dados de alta. A partir de la base de datos institucional, se revisaron las historias clínicas de los pacientes elegibles y, mediante un muestreo no probabilístico de casos consecutivos, se incluyeron todos los neonatos que fueron sometidos a estudios por imágenes con rayos X.

Se excluyeron los pacientes trasladados a otros servicios dentro de las primeras 24 horas del ingreso, los óbitos y las historias clínicas incompletas

Variables

Se recogieron las variables sexo y edad gestacional en semanas. Se definió como prematuros tardíos a los nacidos entre 34 y 36 semanas y 6 días; prematuros moderados, entre 30 y 33 semanas; prematuros extremos, entre 26 y 29 semanas; y prematuros muy extremos, entre 24 y 25 semanas. Otras variables registradas fueron el peso al nacer, la patología principal, la localización anatómica del estudio radiográfico (cráneo, tórax, tórax-abdomen, miembros superiores, miembros inferiores, abdomen y cadera), los días de hospitalización, el número de radiografías realizadas por paciente y la dosis recibida por cada estudio, así como la dosis acumulada según el total de radiografías efectuadas.

Cálculo de la dosis acumulada

Para el cálculo de la dosis acumulada, se consultó con el radiólogo del hospital. De acuerdo con el

equipo utilizado, la dosis de entrada a la piel de los rayos X, para neonatos prematuros se estableció en 0.1 mGy por cada estudio radiográfico (tórax y toraco.abdominal). La dosis total recibida por cada paciente se obtuvo multiplicando la dosis correspondiente a cada radiografía por el número total de estudios realizados.

Equipo de radiología utilizado

El equipo empleado en el área de UCIN del Hospital San Pablo fue el Mobile Diagnost Opta (PHILIPS), un sistema de radiografía digital que utiliza un detector plano (DR) para la adquisición de imágenes, lo que permite un flujo de trabajo portátil, rápido y de alta calidad. No utiliza radiografía computarizada (CR) con chasis convencionales, sino tecnología de panel plano directo. En promedio, opera entre 42 y 46 kV y entre 3,2 y 3,6 mAs por estudio. La dosis de entrada a la piel, administrada a los neonatos, en tórax y abdomen fue 0,1mGy.

Análisis de los datos

Los datos fueron recopilados en una planilla de Excel y posteriormente importados al programa SPSS v.21 para su análisis. Se empleó estadística descriptiva, expresando las variables cualitativas en frecuencias y porcentajes, y las variables cuantitativas en medias y desvíos estándar. Para evaluar la fuerza de asociación entre el número de radiografías realizadas y la dosis acumulada, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson.

Aspectos éticos

El estudio se realizó respetando los principios éticos de la investigación en seres humanos. El protocolo fue presentado al comité de ética institucional, que autorizó la exoneración del consentimiento informado.

RESULTADOS

Durante el periodo de estudio, año 2023, hubo 3762 nacimientos en el Hospital materno infantil San Pablo, dependiente del MSP y BS. Fueron de pretérmino 20.2% (761/3762), de esta población fueron hospitalizados 66,7% (508/761), en las diferentes salas. Egresaron de la UCIN 209 pacientes, que fue la población incluida en el estudio Figura 1.

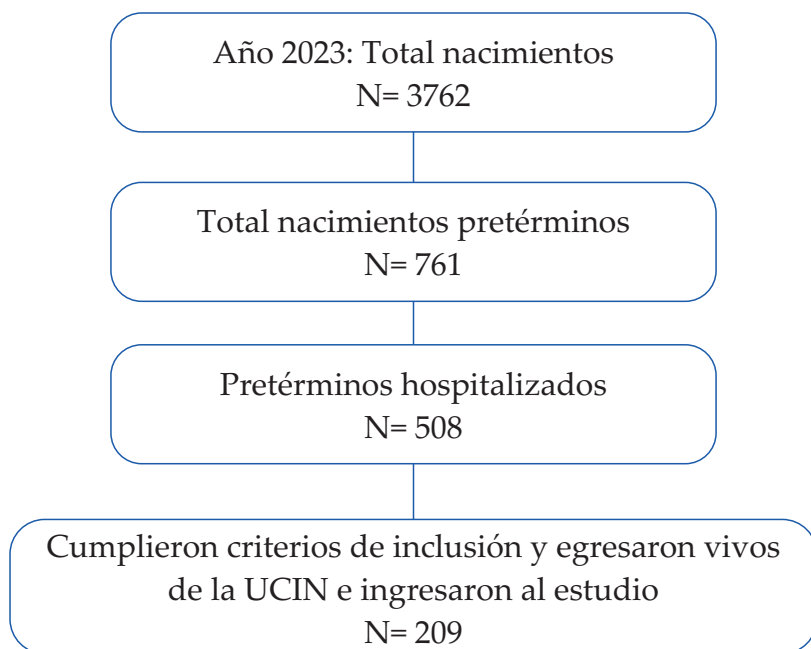


Figura 1. Flujograma de pacientes que egresaron vivos de la Unidad de cuidados intensivos neonatales n=209.

El 55,5% de los neonatos eran de sexo masculino, con edad gestacional media de $31,5 \pm 3$ semanas, peso de nacimiento 1648 ± 680 gramos, 32% fueron prematuros extremos (edad gestacional 26 a 29 semanas). La duración de la hospitalización fue en promedio 27 ± 19 días, con mínimo de 3 y máximo de 84. Los datos detallados se presentan en la Tabla 1.

Todos los pacientes del estudio fueron sometidos a estudios radiográficos. El número total de radiografías realizadas fueron 592, con una media de $7,7 \pm 8$, mínimo 1 y máximo de 50. El 64% (133/209) de los pacientes se realizaron entre una a seis radiografías. La distribución del número de radiografías por paciente se muestra en la figura 2.

De acuerdo con la localización anatómica de las radiografías se realizaron 36 radiografías de tórax y 173 fueron tanto de tórax como abdominal.

Las razones por las cuales se indicaron estudios radiográficos en los neonatos prematuros, fueron clasificadas según el sistema afectado. El sistema respiratorio representando el 27,2% de las indicaciones, causas cardiovasculares 16,2% y las infecciosas con el 13,4%. La frecuencia de las diferentes localizaciones se muestra en la tabla 2.

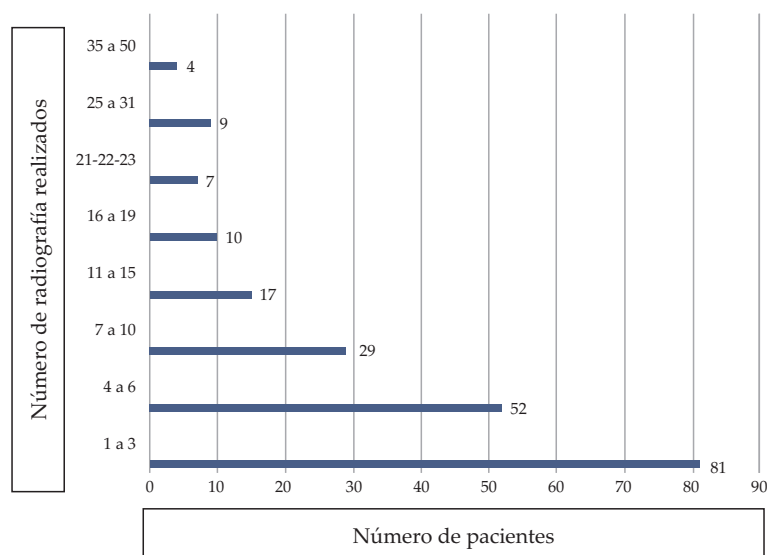
En relación con la DEP de radiación, el promedio fue de $0,908 \pm 1,268$ mGy, mínima de 0,10 y máxima de 9,8 mGy. El número de neonatos que recibieron las diferentes dosis de absorción en mGy, se muestra en la Figura 3.

Se observó correlación positiva $r=0,86$ $p=0,01$ entre el número de radiografías realizadas y las dosis de radiación ionizante acumuladas. Figura 4.

Tabla 1. Características demográficas y tiempo de hospitalización de los neonatos de pretérmino, egresados de la unidad de cuidados intensivos neonatales del Hospital San Pablo en el año 2023.

Peso de nacimiento (media DE) 1		1648±680	
Edad gestacional (media DE) 2		31.5±3	
Días de hospitalización(media DE)		27±19	
		n	%
Sexo	Masculino	93	44.5
	Femenino	116	55.5
Prematuro extremo		67	32
Prematuro tardío		65	31
Prematuro moderado		52	25
Prematuro muy extrem		25	12

1= gramos 2= semanas

**Figura 2.** Número de radiografías realizadas por cada paciente. La abscisa muestra los números de pacientes y la ordenada el número de radiografías realizadas.**Tabla 2.** La distribución por sistemas de las afecciones, de los pacientes que fueron sometidos a estudios radiográficos. n=209

Sistema	n	%
Respiratorio	57	27,2
Cardiovascular	33	16,2
Infeccioso	28	13,4
Gastrointestinal	22	10,5
Neonatal / Nutricional	12	5,7
NeurológicoQuirúrgico	12	5,7
Endocrino/Metabólico	9	4,3
Genético/Cromosómico	9	4,3
Hematológico	6	2,9
Metabólico / Electrolítico	3	1,4
Cardiovascular / Congénito	3	1,4
Gastrointestinal / Quirúrgico	3	1,4
Cardiovascular/Quirúrgico	3	1,4
Cardiovascular / Respiratorio	3	1,4
Respiratorio / Infeccioso	3	1,4
TOTAL	209	100

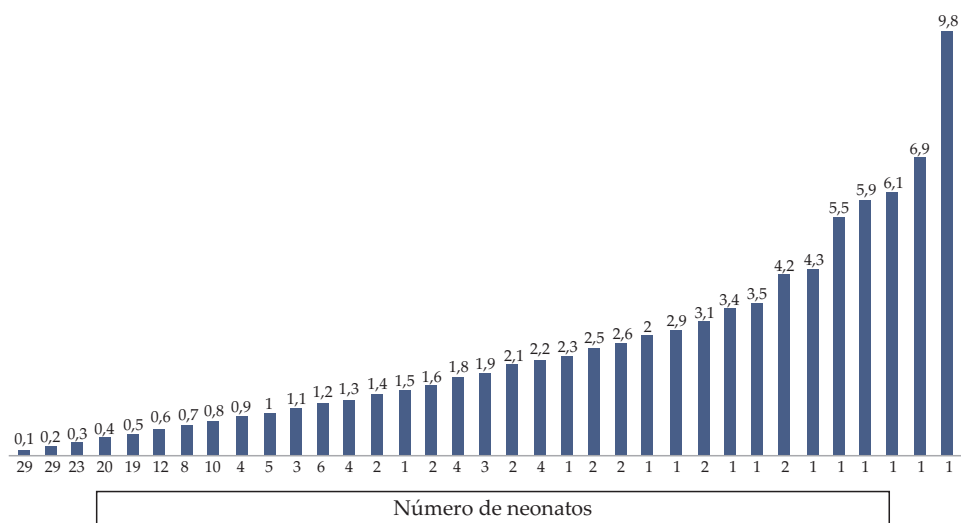


Figura 3. Numero de neonatos, en el eje X y las diferentes dosis de rayos X absorbidos en mGy, en la parte superior de la figura.

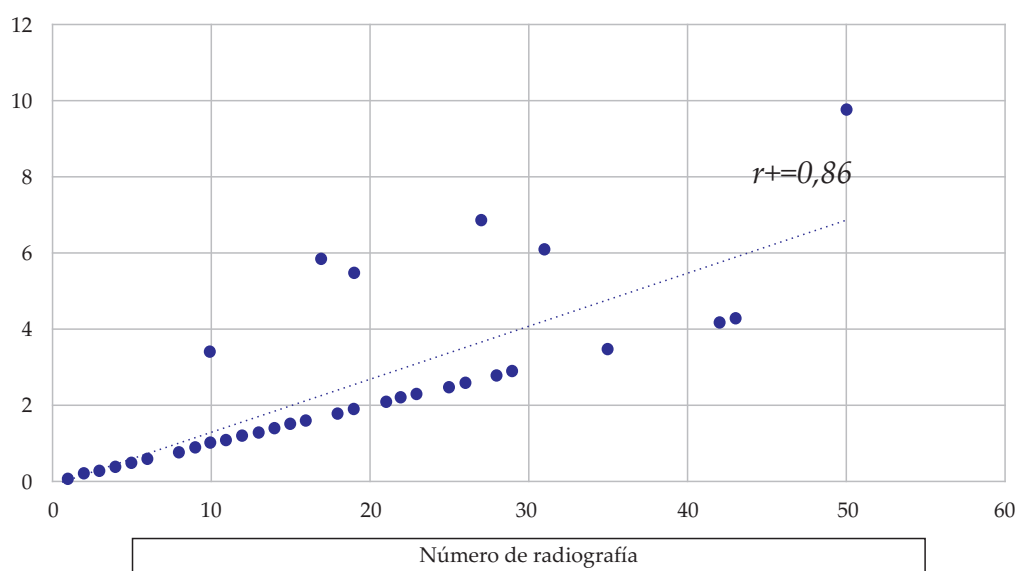


Figura 4. Correlacion entre el numero de radiografias realizadas (en el eje X) y las dosis acumuladas de rayos X, medidas en mGy en el eje Y y la linea de tendencia.

DISCUSIÓN

La utilización de radiografías en las UCIN es muy frecuente en todo el mundo⁽¹²⁾. En el presente estudio se observó que el número promedio de radiografías realizadas en la UCIN fue elevado. La cifra encontrada es levemente superior a la reportada en un estudio prospectivo reciente realizado en pretérmi-

nos menores de 30 semanas en una UCIN. Sin embargo, la dosis de radiación medida por cada radiografía en dicho estudio fue de $3,65 \pm 2,44$ mGy, un valor mayor que la media de DEP acumulada registrada en nuestra investigación⁽¹³⁾. Esta diferencia podría explicarse por el método de medición empleado, ya que, a diferencia de nuestro estudio, utilizaron dosímetros específicos y medición directa.

Una revisión narrativa sobre la cantidad de radiografías y las dosis administradas en las UCIN a partir del año 2000 cuando la estrategia ALARA ya estaba difundida encontró que algunas unidades neonatales realizaban hasta 159 radiografías por neonato durante la hospitalización⁽¹⁴⁾, una cifra muy superior al número de estudios por paciente registrado en nuestro trabajo. En un estudio retrospectivo realizado en Estados Unidos, se revisaron más de mil fichas clínicas de neonatos hospitalizados en la UCIN con el objetivo de determinar el número de radiografías y las dosis de rayos X recibidas. Se encontró que la media de estudios por estadía fue de 9, con un mínimo de 0 y un máximo de 210, y que la dosis media de radiación recibida fue de 0,162 mGy, con un rango entre 0 y 9 mGy⁽¹⁵⁾. Aunque la dosis media fue menor que la observada en nuestro estudio, la dosis máxima fue solo ligeramente inferior a la mayor dosis que reportamos (9,8 mGy), sin embargo la medición de la dosis equivalente de rayos x se realizó a partir de la DEP, por medio de la utilización de software. La diferencia en el número de radiografías podría atribuirse al tamaño muestral considerablemente mayor en comparación con nuestra población. En nuestro estudio, solo un número reducido de pacientes recibió más de 10 radiografías durante su hospitalización.

La localización más frecuente de las radiografías en las UCIN es el tórax⁽¹⁶⁾. En el presente estudio, las radiografías de tórax también fueron predominantes, lo cual se explica por la alta prevalencia de afecciones pulmonares en los neonatos, especialmente en los pretérmino. Las dosis de radiación reportadas en la literatura son muy variables, ya que dependen tanto de la técnica de medición como del tipo de equipo radiológico utilizado. En la mayoría de los estudios, las dosis superan las recomendaciones de la National Radiological Protection Board del Reino Unido, establecidas hace más de dos décadas, que sugieren no sobrepasar DEP 50 μ Gy (0,050 mGy) por radiografía de tórax en neonatos⁽¹⁷⁾. Este valor es considerablemente inferior a las dosis observadas en otro estudio publicado y en otro trabajo publicado⁽¹⁸⁾.

El uso de dosis elevadas de radiación constituye un factor de riesgo para efectos estocásticos, principalmente cáncer, con mayor susceptibilidad de los prematuros extremos, debido a la distribución de la

radiación en órganos altamente sensibles^(10,19). Además de la inmadurez orgánica propia de la prematuridad, la necesidad de un mayor número de radiografías se correlaciona con una mayor dosis acumulada, tal como se observó en nuestro estudio y en otras investigaciones^(7,20). Ante estos riesgos y la ausencia de guías prácticas estandarizadas, un panel de expertos en Italia formuló recomendaciones para estudios radiológicos en pacientes vulnerables, estableciendo para la radiografía AP en neonatos una dosis de referencia de 3 mGy/cm² de superficie, con el fin de uniformar el abordaje en las UCIN⁽²¹⁾.

Con el objetivo de reducir la exposición a radiación en las UCIN, se han implementado diversas estrategias, como la utilización de equipos digitales, que emiten menos radiación que los sistemas computarizados⁽²²⁾, y el uso de equipos portátiles que disminuyen la dispersión de radiación en las salas de neonatología⁽²³⁾. En el presente estudio, todas las radiografías fueron realizadas con equipos digitales. Durante muchos años, la radiografía fue el método diagnóstico de elección para las enfermedades respiratorias en la UCIN. Sin embargo, debido a los riesgos asociados a la radiación ionizante, la ultrasonografía ha demostrado ser no solo viable, sino también eficaz y segura en la UCIN⁽²⁴⁾, para el diagnóstico de patologías frecuentes como el síndrome de dificultad respiratoria^(25,26). Asimismo, ha mostrado utilidad en la localización de catéteres centrales^(27,28). Con un entrenamiento adecuado, la ultrasonografía permite diagnosticar afecciones como el síndrome de aspiración de meconio y guiar procedimientos como la administración de surfactante, evitando la exposición a radiación⁽²⁹⁾. Diversos estudios han demostrado que la ecografía al pie de cama en las unidades neonatales puede ser realizada por los propios neonatólogos como método auxiliar para el diagnóstico de enfermedades pulmonares, sin riesgo de exposición a radiación ionizante⁽³⁰⁻³²⁾. También se han desarrollado scores ecográficos para contribuir al diagnóstico diferencial^(33,34).

Este estudio presenta las limitaciones inherentes a los diseños retrospectivos; sin embargo, los datos necesarios para su realización estuvieron disponibles. La principal limitación radica en la determinación de las dosis recibidas, que se efectuó según los valores de DEP de radiación proporcionados por el equipo,

siguiendo las indicaciones del radiólogo del hospital, quien suministró toda la información técnica. No se realizaron correcciones de la dosis en función de la distancia foco-paciente, que necesitan el aporte de tecnología y software especiales. Sin embargo, aun con las limitaciones mencionadas el DEP constituye un parámetro esencial para evaluar la exposición a rayos x a partir de estudios diagnósticos.

Hasta donde alcanzó la revisión de la literatura, este es el primer estudio realizado en el país sobre la utilización de radiación ionizante en una UCIN en pacientes prematuros. Representa un punto de partida relevante para establecer normas en el marco de la seguridad del paciente y resalta la necesidad de elaborar pautas para el manejo de los equipos de rayos X, definir la relación adecuada entre dosis y calidad de imagen y realizar estudios prospectivos que permitan mediciones más precisas. Los prematuros, en su lucha por sobrevivir, merecen un abordaje que priorice medidas de seguridad.

CONCLUSIONES

En la población estudiada predominaron los prematuros extremos. El 100% recibió estudios radiográficos, siendo el tórax la localización más

frecuente. El promedio de radiografías por paciente fue de 7, con un máximo de 50; sin embargo, la mayoría de los neonatos tuvo menos de 10 radiografías durante su hospitalización. La media de la DEP, aun utilizando equipos digitales, fue elevada. Se encontró correlación positiva entre el número de radiografías realizadas y las dosis acumuladas.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Ruben Dario Pavon Diarte: Redacción del protocolo de investigación, recolección de datos, análisis de los resultados, redacción del primer manuscrito, aprobación del manuscrito final.

Patricia Arias: Recolección de datos, aprobación de la versión final del manuscrito.

Laura Evangelina Godoy Sánchez: Redacción del protocolo de investigación, análisis de datos, aprobación de la versión final del manuscrito.

Mirta N Mesquita Ramirez: Concepción del tema, corrección del protocolo de investigación, análisis de los datos, corrección y aprobación de la versión final del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Buchberger B, Scholl K, Krabbe L, Spiller L, Lux B. Radiation exposure by medical X-ray applications. *Ger Med Sci.* 2020;20:Doc06. doi:10.3205/000308.
2. Harrison JD, Haylock RGE, Jansen JTM, Zhang W, Wakeford R. Effective doses and risks from medical diagnostic X-ray examinations for male and female patients from childhood to old age. *J Radiol Prot.* 2023;43(1). doi:10.1088/1361-6498/acbda7.
3. Jo A, Kim E. Radiation dose evaluation to organs in neonatal patients by field size during portable X-ray examination in incubators: a Monte Carlo simulation study. *J Xray Sci Technol.* 2023;31(5):1115-24. doi:10.3233/XST-230080.
4. Kim E, Park H, Kim K, Yoon Y, Lim C, Kim J. Radiation dose assessment in neonatal radiography. *J Xray Sci Technol.* 2022;30(2):333-42. doi:10.3233/XST-211091.
5. Frush DP. The cumulative radiation dose paradigm in pediatric imaging. *Br J Radiol.* 2021;94(1126):20210478. doi:10.1259/bjr.20210478.
6. Pereira de Mendonça E, Estrela C, Bueno MR, Alves Silva TC, Gonzalez Carvalho G, Rodrigues de Araújo L, et al. Principles of radiological protection and application of ALARA, ALADA, and ALADAIP: a critical review. *Braz Oral Res.* 2025;39:e14. doi:10.1590/1807-3107bor-2025.vol39.014.
7. Tugwell-Allsup JR, Morris RW, Thomas K, Hibbs R, England A. Neonatal digital chest radiography: should we be using additional copper filtration? *Br J Radiol.* 2022;95(1130):20211026. doi:10.1259/bjr.20211026.
8. Khattab M. Cumulative diagnostic imaging radiation exposure in premature neonates. *J Neonatal Perinatal Med.* 2022;15(1):1-8. doi:10.3233/NPM-210726.

9. Jeetoo SD, Smith J, Pitcher RD. Radiological studies in very low birth weight and extremely low birth weight neonates: ALARA revisited. *J Trop Pediatr*. 2020;66(4):403-11. doi:10.1093/tropej/fmz080.
10. Weiß D, Beeres M, Rochwalsky U, Vogl TJ, Schlößer R. Radiation exposure and estimated risk of radiation-induced cancer from thoracic and abdominal radiographs in neonates. *Eur Radiol*. 2025;35(1):297-308. doi:10.1007/s00330-024-10942-x.
11. Zellner M, Sartoretti T, Flohr T, Frauenfelder T, Alkadhi H, Kellenberger CJ, et al. Radiation dose optimization in pediatric imaging. *Pediatr Radiol*. 2025;55(6):1191-201. doi:10.1007/s00247-025-06235-0.
12. Brower C, Rehani MM. Radiation risk issues in recurrent imaging. *Br J Radiol*. 2021;94:20210389. doi:10.1259/bjr.20210389.
13. Cakir SC, Dorum BA, Koksall N, Ozkan H, Yazici Z, Mufit Parlak M, et al. Radiation exposure in the neonatal intensive care unit in newborns and staff. *Am J Perinatol*. 2023;40(10):1106-11. doi:10.1055/s-0041-1733779.
14. Gislason-Lee AJ. Patient X-ray exposure and ALARA in the neonatal intensive care unit: global patterns. *Pediatr Neonatol*. 2021;62(1):3-10. doi:10.1016/j.pedneo.2020.10.009.
15. Khattab M, Hagan J, Staib LH, Mustafa A, Goodman TR. Cumulative diagnostic imaging radiation exposure in premature neonates. *J Neonatal Perinatal Med*. 2022;15(1):95-103. doi:10.3233/NPM-210726.
16. Silveira Neves G, Nogueira Reis ZS, de Castro Romanelli RM, dos Santos Nascimento J, Dias Sanglard A, Batchelor J. The role of chest X-ray in the diagnosis of neonatal respiratory distress syndrome: a systematic review concerning low-resource settings. *Glob Health Action*. 2024;17(1):2338633. doi:10.1080/16549716.2024.2338633.
17. Hart D, Hillier MC, Wall BF. Doses to patients from medical X-ray examinations in the UK [Internet]. [citado 2026 ene 15]. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a80aaa6ed915d74e33fbb84/2002_NrpBW14.pdf
18. Arízaga-Ballesteros V, Garza-Castillo R, Franco-Cabrera MC, Estrada-Hernández C, Lara-Díaz VJ, Alcorta-García MR. Estimación de la exposición intencionada a radiación ionizante en pacientes de una unidad de cuidados intensivos neonatales. *Rev Mex Pediatr*. 2021;88(3):96-100. doi:10.35366/102189.
19. Kammer B, O'Schneider K, Dell'Agnolo E, Seidenbusch MC. Organ doses in preterm and full-term neonates and infants: a retrospective study of 1064 chest radiographs. *Pediatr Radiol*. 2022;52(8):1437-45. doi:10.1007/s00247-022-05324-8.
20. Su YT, Chen YS, Yeh LR, Chen SW, Tsai YC, Wu CY, et al. Unnecessary radiation exposure during diagnostic radiography in infants in a neonatal intensive care unit: a retrospective cohort study. *Eur J Pediatr*. 2023;182(1):343-52. doi:10.1007/s00431-022-04695-2.
21. del Vecchio A, Salerno S, Barbagallo M, Chirico G, Campoleoni M, Cannata V, et al. Italian inter-society expert panel position on radiological exposure in neonatal intensive care units. *Ital J Pediatr*. 2020;46:159. doi:10.1186/s13052-020-00905-5.
22. Ramírez D, Ramos V, Navarro S, Montealegre A, Arciniegas J. X-ray radiation dose and associated factors in neonates from a neonatal unit in Colombia. *Biomedica*. 2023;43(3):343-51. doi:10.7705/biomedica.6668.
23. Wang X, Xu M, Chen C, Bao Z, Wang H, Zhang J, et al. Phantom study of a protective trolley for neonatal radiographic imaging. *Pediatr Radiol*. 2023;53:332-6. doi:10.1007/s00247-022-05488-3.
24. Ismail R, El Raggal NM, Hegazy LA, Sakr HM, Eldafrawy OA, Farid YA. Lung ultrasound role in diagnosis of neonatal respiratory disorders: a prospective cross-sectional study. *Children (Basel)*. 2023;10(1):173. doi:10.3390/children10010173.
25. Costa F, Titolo A, Ferrocino M, Biagi E, Dell'Orto V, Perrone S, et al. Lung ultrasound in neonatal respiratory distress syndrome: a narrative review of the last 10 years. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14:2793. doi:10.3390/diagnostics14242793.
26. Nemes AF, Toma AI, Dima V, Serboiu SC, Necula AI, Stoiciu R, et al. Use of lung ultrasound in reducing radiation exposure in neonates with respiratory distress: a quality management project. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60:308. doi:10.3390/medicina60020308.
27. Amer R, Rozovsky K, Elsayed Y, Bunge M, Chiu A. The utility of point-of-care ultrasound protocol to confirm central venous catheter placement in the preterm infant. *Eur J Pediatr*. 2023;182(11):5079-85. doi:10.1007/s00431-023-05172-0.
28. Firszt O, Maślanka M, Grabowska A, Kluczevska E. Standardized ultrasound protocol for peripherally inserted central catheters in neonates: a retrospective X-ray-controlled observational study. *Children (Basel)*. 2024;11:1204. doi:10.3390/children11101204.
29. Foutzitz S, Prassopoulos P, Chatzimichail A, Kambouri K, Moschouris H, Psatha EA, et al. Lung ultrasound in pediatrics: a review with core principles. *Diagnostics (Basel)*. 2025;15:2782. doi:10.3390/diagnostics15212782.

30. Ruoss JL, Bazacliu C, Cacho N, De Luca D. Lung ultrasound in the neonatal intensive care unit: does it impact clinical care? *Children (Basel)*. 2021;8(12):1098. doi:10.3390/children8121098.
31. Dash S, Mishra S, Mishra S. Diagnostic potentials of lung ultrasound in neonatal care: an updated overview. *Cureus*. 2024;16(6):e62200. doi:10.7759/cureus.62200.
32. Srinivasan S, Aggarwal N, Makhaik S, Jhobta A, Kapila S, Bhoil R. Role of lung ultrasound in diagnosing and differentiating transient tachypnea of the newborn and respiratory distress syndrome in preterm neonates. *J Ultrason*. 2022;22:e1-e5. doi:10.15557/JoU.2022.0001.
33. Popa AE, Popescu SD, Tecuci A, Bot M, Vladareanu A. Current trends in imaging diagnosis of neonatal respiratory distress syndrome: chest X-ray versus lung ultrasound. *Cureus*. 2024;16(9):e69787. doi:10.7759/cureus.69787.
34. Zong H, Huang Z, Zhao J, Lin B, Fu Y, Lin Y, et al. The value of lung ultrasound score in neonatology. *Front Pediatr*. 2022;10:791664. doi:10.3389/fped.2022.791664.