

# Potencialidades y Desafíos de la IA en el Manejo de la Vía Aérea Pediátrica: Una Revisión Integradora

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beatriz Lobo Nunes Verçosa           | Estudiante de Medicina. Facultad de Ciencias Médicas de Minas Gerais. Miembro voluntaria de iniciación científica en la Universidad Federal de Minas Gerais. Estudiante de Medicina. Correo electrónico: bialnvercosa@gmail.com.                                                                                                                                                                |
| Adriana Teixeira Rodrigues           | Doctora (PhD). Profesora de Pediatría. Coordinadora Médica de la Unidad del Niño y del Adolescente. Doctora (PhD). Profesora de Pediatría de la Facultad de Medicina de la UFMG. Coordinadora Médica de la Unidad del Niño y del Adolescente del HC-UFMG/EBSERH, Minas Gerais, Brasil. Profesora. Correo electrónico: adrianatr92@gmail.com.                                                    |
| Marina Sales De Lucca Rodrigues      | Estudiante de Medicina, becaria de iniciación científica. Facultad de Ciencias Médicas de Minas Gerais. Miembro voluntaria de iniciación científica en la Universidad Federal de Minas Gerais. Estudiante de Medicina. Correo electrónico: marinarod1@hotmail.com.                                                                                                                              |
| Juliana de Oliveira Otávio           | Estudiante de Medicina, becaria de iniciación científica. Estudiante de Medicina. Miembro voluntaria de iniciación científica. Facultad de Medicina. Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil. Estudiante de Medicina.                                                                                                                                                                       |
| Priscila Menezes Ferri Liu           | Doctora (PhD). Profesora de Pediatría y Jefa del Departamento de Pediatría. Doctora (PhD). Profesora de Pediatría de la Facultad de Medicina de la UFMG. Profesora. Correo electrónico: pmferri.liu@gmail.com.                                                                                                                                                                                  |
| Romina Aparecida dos Santos Gomes    | Doctora (PhD). Profesora de Pediatría. Doctora (PhD). Profesora de Pediatría de la Facultad de Medicina de la UFMG. Pediatra intensivista del Hospital das Clínicas UFMG/EBSERH. Profesora. Correo electrónico: rominapediatra@gmail.com.                                                                                                                                                       |
| Maria do Carmo Barros de Melo        | Investigadora posdoctoral. Profesora. Miembro del Centro de Telesalud y Profesora Titular del Departamento de Pediatría de la Facultad de Medicina de la UFMG. Profesora. Correo electrónico: mcbmelo@gmail.com.                                                                                                                                                                                |
| Maria Laura Rezende Lima de Oliveira | <b>Autora de correspondencia:</b> Estudiante de Medicina. Miembro voluntaria de iniciación científica. Facultad de Medicina. Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil. UFMG. Estudiante de Medicina. Becaria de iniciación científica. ORCID: <a href="https://orcid.org/0009-0000-7340-3925">https://orcid.org/0009-0000-7340-3925</a> . Correo electrónico: marialauraroliveira@gmail.com. |

Fecha de recepción: 29 de enero de 2026 | Fecha de aprobación: 27 de abril de 2026.

## Resumen

### Potencialidades y Desafíos de la IA en el Manejo de la Vía Aérea Pediátrica: Una Revisión Integradora

**Objetivo:** Sintetizar el conocimiento actual sobre la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en el manejo de la vía aérea en pacientes pediátricos en estado crítico. **Métodos:** Revisión integrativa (PRISMA 2020) de artículos originales y de revisión (de 2015 al 6 de abril de 2026), en portugués, inglés o español, centrada en pacientes pediátricos (de un mes a 18 años). Se realizó una búsqueda en PubMed, Scopus, y LILACS (abril 2025 a abril 2026) para responder a la pregunta: "¿Ayudan las herramientas de IA en el manejo de la vía aérea en niños críticamente enfermos?" **Resultados:** Se seleccionaron 12 artículos: cinco estudios de cohorte/observacionales y siete de revisión. Los estudios abordaron la IA en las fases pre, intra y posmanejo. **Conclusiones:** La IA representa un cambio de paradigma en el manejo de la vía aérea difícil en pediatría, migrando hacia una asistencia predictiva e individualizada. La evidencia sugiere una amplia aplicabilidad en todas las fases, lo que hace crucial el desarrollo y la difusión de herramientas para prevenir un manejo inadecuado y optimizar el pronóstico. La IA puede ser un soporte indispensable para la decisión clínica, mejorando la seguridad y eficacia del juicio humano, pero deben considerarse las barreras éticas para su uso. Se deben realizar más estudios robustos para contribuir a la literatura sobre el tema.

**Palabras clave:** Pediatría; Intubación Intratraqueal; Manejo de la Vía Aérea; Inteligencia Artificial.

## Abstract

**Objective:** To synthesize current knowledge regarding the application of Artificial Intelligence (AI) in the airway management of critically ill pediatric patients. **Methods:** An integrative review (PRISMA 2020) of original and review articles (from 2015 to April 6, 2026), in Portuguese, English, or Spanish, focused on pediatric patients (one month to 18 years old). A search was conducted on PubMed, Scopus, and LILACS (April 2025 to April 2026) to answer the question: "Do AI tools assist in the airway approach of critically ill children?"

**Results:** 12 articles were selected: five Cohort/observational studies and seven reviews. The studies addressed AI in the pre-, intra-, and post-management phases. **Conclusions:** AI represents a paradigm shift in pediatric difficult airway management, moving towards predictive and individualized care. Evidence suggests broad applicability across all phases, making the development and dissemination of tools crucial to prevent inadequate management and optimize prognosis. AI can be an indispensable support for clinical decision-making, enhancing the safety and efficacy of human judgment, but ethical barriers to its use must be considered. Further robust studies should be conducted to contribute to the literature on the subject.

**Key-words:** Pediatrics; Intratracheal Intubation; Airway Management; Artificial Intelligence.

**Potencialidades e Desafios da IA no Manejo da Via Aérea em Pediatria: Uma Revisão Integrativa**

**Objetivo:** Sintetizar o conhecimento atual sobre a aplicação de Inteligência Artificial (IA) no manejo de vias aéreas pediátricas em estado grave. **Métodos:** Revisão integrativa (PRISMA 2020) de artigos originais e de revisão (2015 a 6 de abril de 2026), em português, inglês ou espanhol, focada em pacientes pediátricos (um mês a 18 anos). Busca na PubMed, Scopus e LILACS (abril de 2025 a abril de 2026) para responder: "As ferramentas de IA auxiliam na abordagem das vias aéreas em crianças criticamente enfermas?". **Resultados:** 12 artigos foram selecionados: cinco Coorte/observacional e sete de revisão. Os estudos abordaram a IA nas fases pré, intra e pós-manejo. **Conclusões:** A IA representa uma mudança paradigmática no manejo da via aérea difícil em pediatria, migrando para uma assistência preditiva e individualizada. As evidências sugerem ampla aplicabilidade em todas as fases, tornando crucial o desenvolvimento e disseminação de ferramentas para prevenir manejo inadequado e otimizar o prognóstico. A IA pode ser um suporte indispensável à decisão clínica, aprimorando a segurança e eficácia do julgamento humano, mas deve-se considerar as barreiras éticas para a sua utilização. Mais estudos robustos devem ser realizados de forma a contribuir para a literatura sobre o tema.

**Palabras-chave:** Pediatria; Intubação intratraqueal; Manuseio das vias aéreas; Inteligência artificial

**INTRODUCCIÓN**

La inteligencia artificial (IA) ha mejorado en los últimos años, consolidándose en la medicina como una herramienta prometedora en diversas áreas<sup>1,2,3</sup>. Abarca diferentes subcampos que incluye el machine learning (ML), el deep learning (DL) y la computer vision (CV)<sup>1,2,3</sup>. El ML se refiere a algoritmos capaces de aprender patrones a partir de datos para realizar predicciones, mientras que el DL, un subconjunto del ML, utiliza redes neuronales profundas para el análisis de datos complejos, especialmente imágenes y señales<sup>2,3</sup>.

La CV permite la interpretación automatizada de imágenes y videos, con aplicaciones relevantes en el análisis anatómico y el apoyo a procedimientos médicos<sup>2</sup>.

La intubación difícil, definida por criterios como el grado III o IV de Cormack-Lehane y tres o más intentos, tiene una incidencia del 0,28 % en niños de 0 a 15 años<sup>4</sup>. Para los niños con vías respiratorias difíciles, la necesidad de una vía aérea quirúrgica es del 2 %<sup>4</sup>. Además, la ventilación con bolsa-mascarilla difícil (DBMV) fue informada en el 6,6 % de los niños sanos de 0 a 8 años, una tasa considerablemente mayor que en los adultos (1,5 %)<sup>5</sup>. La incidencia general de dificultad en la ventilación con mascarilla y/o intubación endotraqueal en pacientes aparentemente normales es del 5,8 %<sup>6</sup>.

Por lo tanto, considerando que el manejo de la vía aérea es uno de los principales enfoques en la atención de emergencia/urgencias y los procedimientos anestésicos en pediatria, es de suma importancia saber cómo abordar los desafíos anatómicos y fisiológicos en la edad pediátrica<sup>4,5</sup>.

Las complicaciones respiratorias son frecuentes en niños en estado crítico<sup>4,5</sup>. Los eventos críticos relacionados con la anestesia y la incapacidad para intubar y oxigenar, aunque menos frecuentes, generan riesgo de muerte e indican una intervención inmediata<sup>4</sup>. Sin embargo, existe una alta tasa de fallas, asociada a la falta de estandarización de los procedimientos, la disponibilidad de equipos, el conocimiento inadecuado y el poco entrenamiento<sup>4</sup>. Así, mejorar el manejo de la vía aérea, especialmente en niños

en estado crítico, es extremadamente importante para evitar resultados indeseables y pronósticos desfavorables<sup>4,5,7</sup>.

Con la evolución tecnológica actual, la IA puede utilizarse como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la calidad de la atención sanitaria, garantizando cuidados más eficientes y seguros<sup>7</sup>. Existen aplicaciones potenciales de la IA para el manejo de la vía aérea en pediatria, desde la evaluación del riesgo preoperatorio y la selección de dispositivos optimizados hasta la predicción de eventos adversos y la asistencia en procedimientos<sup>5,7,8</sup>.

Además, la existencia de simulaciones y dispositivos de realidad virtual permite a los profesionales sanitarios recibir entrenamiento, lo que contribuye a mejores resultados clínicos<sup>4,6</sup>.

A pesar de estos beneficios del uso de la IA, en pediatria, los avances en su uso no han sido tan significativos como en adultos, lo que requiere una mayor validación y pruebas de viabilidad para confirmar o refutar la aplicabilidad clínica de estas herramientas<sup>7</sup>. Dada la importancia del tema, este artículo tiene como objetivo proporcionar una síntesis del conocimiento actual sobre el uso de la IA en el manejo de la vía aérea en niños en estado crítico mediante una revisión bibliográfica integradora.

**METODOLOGÍA**

Se trata de un estudio de revisión integradora realizado de acuerdo con el checklist de PRISMA 2020<sup>9</sup>. Se incluyeron artículos publicados entre 2015 y el 6 de abril de 2026, en portugués, inglés o español, que abordaran el rango de edad pediátrica (de un mes a 18 años).

Se seleccionaron revisiones de literatura y artículos originales que respondieron a la pregunta guía: "¿Las herramientas de inteligencia artificial ayudan en el manejo de la vía aérea en niños en estado crítico?" Definimos el manejo de la vía aérea como cualquier intervención que involucre cualquier práctica, desde el entrenamiento, el posicionamiento del paciente y la administración de oxígeno, hasta la ejecución de la intubación

oro traqueal (IOT). Los estudios que no cumplieron con estos criterios fueron excluidos. Otros criterios de exclusión fueron el rango de edad exclusivamente adulto o neonatal o para procedimientos dentales. Las bases de datos utilizadas fueron las plataformas PubMed, Scopus y LILACS. La estrategia de búsqueda incluyó los siguientes descriptores combinados mediante operadores booleanos: ("inteligencia artificial" O "aprendizaje automático" O "aprendizaje profundo") Y ("manejo de la vía aérea" O "vía aérea difícil" O "intubación traqueal") Y ("pediátrico" O "niños"). El proceso de selección siguió los cuatro pasos del método PRISMA:

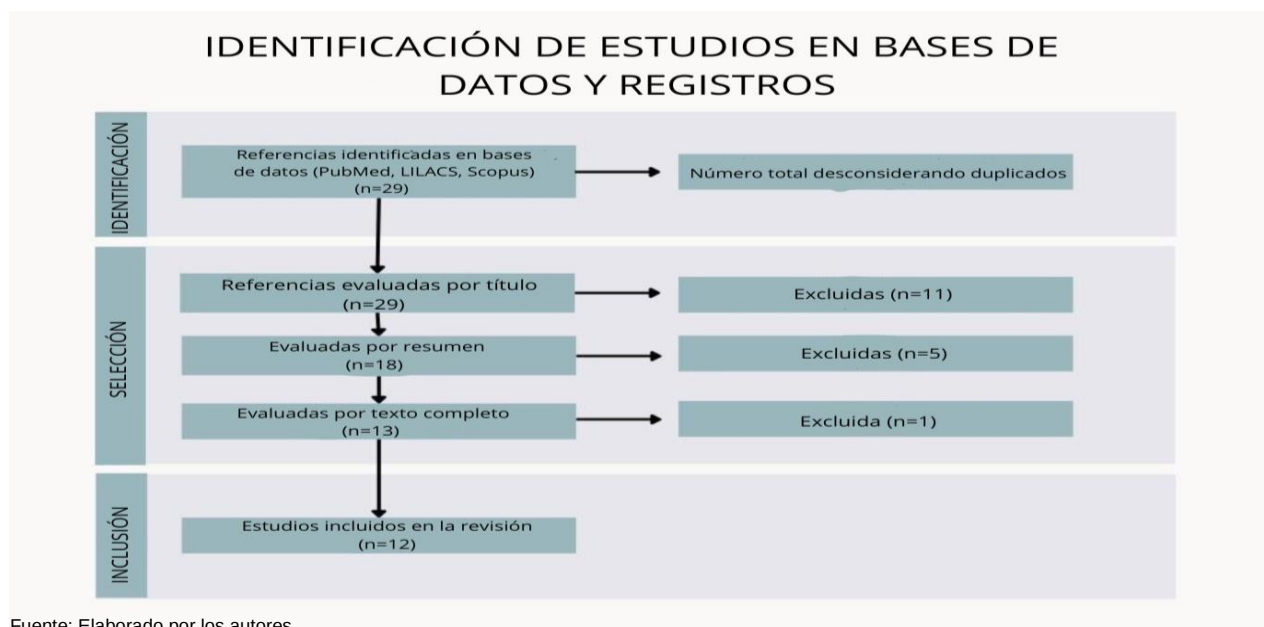
1. Identificación de registros en bases de datos;
2. Selección y eliminación de duplicados mediante análisis independiente de títulos y resúmenes;
3. Elegibilidad, con lectura del texto completo para aplicar criterios de exclusión;
- y 4. Inclusión, resultando en una muestra final de 12 artículos. Los textos fueron identificados y evaluados entre abril de 2025 y abril de 2026 por 4 revisores, manualmente, primero analizando los títulos, excluyendo todos aquellos

que no abordaban la inteligencia artificial en medicina, y posteriormente analizando los resúmenes. Una vez completada esta etapa, los artículos fueron leídos en su totalidad, seleccionados y analizados, considerando el rango de edad establecido y el uso de la inteligencia artificial como ayuda en la intubación traqueal. El nivel de evidencia se clasificó según el Instituto Joanna Briggs (JBI), que categoriza los estudios según su diseño metodológico y rigor científico, y según la lista de verificación STROBE para estudios observacionales. Esta búsqueda tuvo como objetivo evaluar críticamente la aplicabilidad y relevancia del uso de IA en el manejo de la vía aérea en pacientes pediátricos en estado crítico.

## RESULTADOS

Inicialmente, se identificaron 13 artículos en PubMed, 21 en Scopus y 19 en LILACS a través de BVS. La Figura 1, elaborada según la estrategia PRISMA 2020 (9), ilustra cómo se realizó cada etapa de la búsqueda en la base de datos

**Figura 1** - Identificación de estudios en bases de datos y registros.



La Tabla 1 resume los datos sobre los autores y el año de publicación, la institución que realizó el estudio, el tipo de publicación, las características metodológicas, el nivel de evidencia según JBI y el número de ítems según STROBE. De los 12 artículos seleccionados, seis son estudios observacionales o de cohortes

originales (predominantemente retrospectivos para ML) y seis son estudios de revisión (narrativos o estructurados).

La Tabla 2 presenta un resumen de los resultados obtenidos en cada uno de los textos seleccionados. Seis artículos destacaron el uso de modelos predictivos para calcular la longitud y

profundidad ideales del tubo endotraqueal; para predecir la necesidad inmediata de intubación al llegar al hospital en casos de trauma; y para anticipar eventos adversos intraoperatorios, como hipoxemia o fallo de ventilación. Cuatro estudios asociaron la CV con una mayor precisión anatómica, proporcionando asistencia en tiempo real e identificación de estructuras durante videolaringoscopias y broncoscopias. Finalmente,

otras posibles aplicaciones de la IA presentadas incluyeron la automatización y optimización de datos, y el uso de tecnologías multifuncionales, como la creación de modelos anatómicos complejos mediante impresión 3D, lo que permite simulaciones de alta fidelidad y entrenamiento de equipos para escenarios de emergencia del mundo real.

**Tabla 1** - Autores, año de publicación, institución del estudio, tipo de publicación, rigor científico, nivel de evidencia, calidad metodológica de los 14 artículos seleccionados.

| Autores/Año de publicación        | Institución del estudio                         | Tipo de publicación                   | Características metodológicas                                                                                                                                       | Nivel de evidencia a JBI | Número de ítems de acuerdo con STROBE |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Matava <i>et al.</i> (2020a) (7)  | The Hospital for Sick Children, Toronto, Canadá | Revisión narrativa                    | Realizó una búsqueda en las bases de datos Ovid Medline, PubMed y IEEE. Los artículos fueron revisados manualmente para relevancia.                                 | 5.c                      | -                                     |
| Matava <i>et al.</i> (2020b) (10) | The Hospital for Sick Children, Toronto, Canadá | Estudio Retrospectivo o Observacional | Desarrollo de una Red Neural Convolutiva (CNN) utilizando 775 imágenes de videolaringoscopia y broncoscopia para clasificar anatomía en tiempo real.                | 3.e                      | 24 em 32                              |
| Lonsdale <i>et al.</i> (2020) (8) | Johns Hopkins All Children's Hospital, EUA      | Revisión Narrativa                    | Análisis de la literatura sobre <i>machine learning</i> en la investigación pediátrica, con ejemplos en cuidados críticos, medicina transfusional y anestesiología. | 5.c                      | -                                     |

|                                    |                                                                 |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |          |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|
| Kim <i>et al.</i> (2023) (11)      | All India Institute of Medical Sciences, Jodhpur, India         | Estudio de Cohorte Retrospectivo | Realizó una búsqueda en bancos de datos electrónicos (Google Scholar, Cochrane, PubMed) que resultó en 3.200 artículos. Después de la selección y aplicación de criterios, 12 artículos fueron incluidos para análisis. El proceso de selección fue documentado con un diagrama de flujo PRISMA. | 3.b       | 30 en 32 |
| Hsu <i>et al.</i> (2020) (5)       | Children's Hospital of Philadelphia, University of Pennsylvania | Revisión Narrativa               | El artículo resume la literatura científica reciente, introduce nuevos dispositivos y técnicas y destaca innovaciones (POCUS, impresión 3D, IA) en el manejo de la vía aérea difícil pediátrica.                                                                                                 | 5.c       | -        |
| Haag <i>et al.</i> (2024) (4)      | Inselspital, Bern University Hospital, Suiza                    | Revisión Narrativa               | Sistematización de datos y modelos animales (8 estudios relevantes) para el acceso cervical de emergencia (eFONA) en pediatría, abordando la influencia de simuladores 3D y IA.                                                                                                                  | Nivel 5.c | -        |
| Sullivan <i>et al.</i> (2024) (12) | Universidad de Utah, Estados Unidos                             | Estudio de Cohorte Retrospectivo | Recolección de datos, durante 23 meses, en 4 centros de trauma pediátricos, utilización de modelo de inteligencia artificial para predecir la necesidad de intubación en la sala de emergencia en                                                                                                | Nivel 3.b | 26 en 32 |

|                                  |                                                                                                                 |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |          |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|
|                                  |                                                                                                                 |                                       | niños y adolescentes traumatizados                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |          |
| Galvez <i>et al.</i> (2017) (13) | The Children's Hospital of Philadelphia, University of Pennsylvania Perelman School of Medicine, Estados Unidos | Estudio Retrospectivo o Observacional | Selección de pacientes ASA 1 y 2 sometidos a procedimientos comunes, grupos balanceados: en 300 pacientes por tipo de dispositivo, datos recogidos automáticamente y analizados estadísticamente utilizando paquete de MATLAB R2015b para clasificación e implementación del algoritmo de inteligencia artificial | Nivel 3.e | 24 en 32 |
| Shim <i>et al.</i> (2023) (14)   | Kangbuk Samsung Hospital e Chung-Ang University (Corea del Sur)                                                 | Estudio de Cohorte retrospectivo      | Estudio de cohorte retrospectivo con 1.436 pacientes divididos en entrenamiento (70%) y test (30%). Validó el modelo <i>Elastic Net</i> con validación cruzada 5-fold contra métodos de fórmula                                                                                                                   | 3.b       | 27 en 32 |
| Madadi <i>et al.</i> (2025) (15) | Shahid Beheshti University of Medical Sciences (Irã) e Harvard Medical School (EUA)                             | Revisión Narrativa                    | Revisión clínica narrativa enfocada en la integración de modelos de IA en la anestesiología pediátrica. Discute aplicaciones perioperatorias y desafíos éticos sin búsqueda sistemática estricta documentada.                                                                                                     | 5.c       | -        |

|                             |                                                                            |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                     |     |          |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|
| Nakamura et al. (2025) (16) | Kouseikai Takai Hospital y Gifu Prefectural General Medical Center (Japón) | Estudio Retrospectivo o Observacional | Estudio retrospectivo para desarrollo de modelo de <i>Machine Learning</i> (YOLOv8n). Usó 1.197 imágenes de 653 videos para entrenamiento/validación y 399 imágenes para test empírico.                                                             | 3.e | 24 de 32 |
| Shah et al. (2026) (17)     | College of Medicine, Central Michigan University (EUA)                     | Revisión Narrativa                    | Revisión narrativa estructurada, empleando búsqueda sistemática en cuatro bases de datos (EBSCO, PubMed, Scopus, Web of Science) y aplicación de la estructura PICO y de la herramienta PROBAST para evaluación del sesgo en 11 estudios incluidos. | 5.c | -        |

**Tabla 2** - Síntesis de los resultados considerando el uso de IA en el manejo de vías respiratorias difíciles en niños.

| Autores/Año de publicación | Relevancia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matava et al. (2020a) (7)  | Los resultados de la revisión resaltan el potencial de la IA en diversas áreas: diagnóstico, mediante el análisis facial para predecir intubaciones difíciles y redes neuronales para detectar obstrucciones de las vías respiratorias; asistencia en procedimientos, con algoritmos que identifican la anatomía en tiempo real durante laringoscopias; y predicción de resultados como la hipoxia, si bien se observa una escasez de investigaciones centradas específicamente en los resultados de las vías respiratorias pediátricas. Se concluyó que la IA tiene un gran potencial para ayudar a los médicos a superar dificultades, pero debe considerarse una herramienta de apoyo que no sustituye el juicio clínico. |

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matava et al. (2020b) (10)  | Las redes neuronales convolucionales (ResNet e Inception) mostraron una alta sensibilidad (>0,86) y especificidad (>0,97) en la clasificación y el etiquetado en tiempo real de las cuerdas vocales y los anillos traqueales a partir de laringoscopias/broncoscopias, sirviendo como ayuda para los operadores en situaciones de vía aérea difícil.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Lonsdale et al. (2020) (8)  | Esto demuestra la creciente aplicación del aprendizaje automático para predecir las necesidades de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, los fallos de extubación y la predicción intraoperatoria compleja, lo que indica una mejora continua en los modelos predictivos en comparación con las puntuaciones tradicionales (como el PEWS).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Kim et al. (2023) (11)      | El modelo GBRT, entrenado utilizando únicamente datos demográficos (edad, peso, altura), demostró una precisión impresionante en la predicción del tamaño y la profundidad (error absoluto de 0,7 cm), superando con creces las heurísticas convencionales y las fórmulas pediátricas tradicionales basadas en la edad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Hsu et al. (2020). (5)      | Los principales hallazgos del estudio resaltan la importancia de las técnicas híbridas, como el uso combinado de videolaringoscopia y broncoscopia flexible, y el papel transformador de las nuevas tecnologías. La ecografía en el punto de atención (POCUS) demostró ser una herramienta versátil para evaluar el tamaño del tubo, confirmar su colocación, identificar la membrana cricotiroides y analizar el contenido gástrico. Además, el estudio señala la impresión 3D como un recurso para la simulación preoperatoria y la inteligencia artificial (IA) para predecir intubaciones difíciles y guiar procedimientos en tiempo real. La conclusión es que, si bien las técnicas híbridas son cruciales, el futuro del manejo de la vía aérea pediátrica se verá profundamente impactado por innovaciones como la POCUS, la impresión 3D y la IA, que prometen mejorar significativamente la seguridad y la planificación clínica. |
| Haag et al. (2024) (4)      | Aborda el potencial de la IA en el manejo de vías respiratorias difíciles en pediatría, en particular para ayudar en el reconocimiento de la anatomía de las vías respiratorias durante la intubación y en el proceso de toma de decisiones con respecto a la presión, a través del análisis de datos vitales y la identificación de la hipoxia, por ejemplo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Sullivan et al. (2024) (12) | El modelo de IA utilizado demostró una buena capacidad para predecir la necesidad de intubación de emergencia en niños después de un traumatismo, lo que resulta útil en la toma de decisiones tempranas, reduciendo las intubaciones innecesarias y los retrasos potencialmente fatales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Galvez et al. (2017) (13)   | El sistema desarrollado, que utiliza inteligencia artificial, puede emplearse para facilitar la documentación automática de datos durante las cirugías, reduciendo la                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | fatiga por alarmas al mejorar la precisión en la detección de cambios en la ventilación. Puede funcionar como un sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Shim <i>et al.</i> (2023) (14)     | Utilizando un modelo Elastic Net basado en datos de referencia (edad, sexo, peso y altura), la IA predijo la profundidad ideal del tubo con una tasa de malposición de solo el 17,9 %, en comparación con tasas que oscilan entre el 35,7 % y el 62,2 % en métodos basados en edad, altura y calibre. El modelo aborda una consecuencia directa del manejo de vías aéreas cortas y difíciles: intubación excesivamente profunda (endobronquial) o intubación insuficiente. Reducir la necesidad de múltiples intentos de reposicionamiento minimiza el trauma, el edema glótico y el empeoramiento del estado de una vía aérea previamente difícil en niños. |
| Madadi <i>et al.</i> (2025) (15)   | En situaciones extremas, la integración de la visión artificial guiada por IA en la ecografía tiene el potencial de ayudar a los anestesiólogos a reconocer la anatomía para el acceso quirúrgico de emergencia (eFONA). Sin embargo, la mayoría de estos modelos de predicción anatómica visual aún no se han validado específicamente en la población pediátrica.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nakamura <i>et al.</i> (2025) (16) | La IA reconoció con éxito la vía aérea incluso en condiciones subóptimas, como la escasa visibilidad de los cartílagos aritenoides o la epiglotis en lactantes. Sin embargo, la IA mostró vulnerabilidades en situaciones de vía aérea complicadas: la detección falló en presencia de exceso de sangre o secreciones, o cuando las guías obstruían la visión, y también existía un riesgo crítico de que la IA identificara erróneamente la abertura esofágica como la laringe.                                                                                                                                                                             |
| Shah <i>et al.</i> (2026) (17)     | El estudio advierte que las herramientas de IA actuales presentan un alto riesgo de sesgo algorítmico al tratar con vías respiratorias anatómicamente anormales o difíciles. Dado que la mayoría de los modelos se entrenaron con poblaciones muy homogéneas, la precisión de la IA puede disminuir drásticamente al tratar con pacientes que presentan restricciones craneofaciales o variaciones anatómicas distintas a las presentes en la base de datos original.                                                                                                                                                                                        |

Frente a los datos recopilados, se elaboró una tabla resumen (Tabla 3) de las principales aplicaciones de la IA en el manejo de la vía aérea pediátrica.

**Tabla 3** - Principales aplicaciones, detalles de uso y beneficio clínico de la IA en el manejo de la vía aérea pediátrica en las fases preoperatoria, postoperatoria y general.

| Fase del Cuidado   | Aplicación de la IA / Tecnología          | Detalles de la Utilización                                                                                               | Beneficio Clínico Principal                                                              |
|--------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pre e intra-manejo | Análisis Facial y Visión Computacional    | Predicción de vía aérea difícil a través del análisis de características faciales.                                       | Anticipación de intubaciones difíciles para mejor planeamiento.                          |
|                    | Modelo e Impresión 3D                     | Uso de software alimentado por imágenes radiológicas para crear modelos anatómicos de órganos y vías aéreas en < 5 min.  | Planeamiento de cirugías complejas (tumores, anomalías) con dispositivos personalizados. |
|                    | Algoritmos Predictivos (Machine Learning) | Evaluación de riesgo (ejemplo: necesidad de intubación en trauma, eventos respiratorios adversos).                       | Selección precoz y reducción de intubaciones desnecesarias.                              |
|                    | Asistencia en Tiempo Real (CV)            | Identificación de estructuras anatómicas durante laringoscopia y broncoscopia.                                           | Orientación durante el procedimiento y aumento de la seguridad.                          |
|                    | Soporte a la Decisión Anestésica          | Optimización de la selección del tamaño/profundidad del tubo y estimativa de la profundidad anestésica, por medio de ML. | Reducción de complicaciones relacionadas al manejo del equipamiento.                     |
|                    | Monitoreo Inteligente                     | Análisis de señales vitales para prevenir hipoxia/hipoxemia y documentación automática de datos.                         | Detección rápida de alteraciones fisiológicas y reducción de la "fatiga de alarmas".     |

|                              |                              |                                                                                                                                         |                                                                                                                              |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | <b>POCUS + IA</b>            | Ultrasonografía en el centro de atención para confirmar posición del tubo e identificar membrana cricotiroides.                         | Confirmación inmediata y segura del posicionamiento de la vía aérea.                                                         |
| <b>Postmanejo</b>            | <b>Predicción de Fallas</b>  | Análisis de patrones fisiológicos sutiles para predecir el fracaso de la extubación y el fracaso de la ventilación no invasiva (BIPAP). | Prevención de la reintubación no planificada e intervención temprana.                                                        |
| <b>General / transversal</b> | <b>Educación y formación</b> | Gamificación y simulación realista con maniqués.                                                                                        | Mejorar las habilidades técnicas de los profesionales. Familiarizar a los niños con los procesos que se deben llevar a cabo. |

Fuente: los autores, con base en los hallazgos de la revisión integradora realizada.

## DISCUSIÓN

Esta revisión integradora se centró en sintetizar el conocimiento actual sobre el uso de la IA en el manejo de la vía aérea en niños en estado crítico. En general, se observa que esta tecnología puede utilizarse como herramienta de enseñanza para técnicas quirúrgicas y anestésicas y durante todo el período perioperatorio del manejo de la vía aérea, desde el período preoperatorio hasta el postoperatorio. Su aplicación más concreta ha sido en la predicción de factores de riesgo y la planificación del abordaje en pacientes pediátricos. Los modelos de IA han demostrado ser capaces de predecir intubaciones difíciles mediante análisis facial<sup>5, 10</sup>, anticipar la necesidad de intubación de emergencia en niños traumatizados al ingreso<sup>12</sup> y predecir con alta precisión el tubo endotraqueal ideal a utilizar<sup>11, 14</sup>. Un modelo de ML basado en regresión regularizada evaluado por Shim et al. demostró ser capaz de reducir el riesgo de profundidad de intubación inadecuada del 62,2 % a solo el 17,9 %<sup>14</sup>. Además, los algoritmos predictivos también demuestran éxito en la anticipación de eventos adversos, como la predicción de hipoxemia intraoperatoria con minutos de antelación<sup>15</sup>.

Otro uso comprobado de la IA es la asistencia en procedimientos. La visión computacional se utiliza en la identificación de la

anatomía del niño en tiempo real durante laringoscopias. Matava et al., en un estudio observacional, demostraron la aplicabilidad de las redes neuronales convolucionales (CNN) que clasifican las cuerdas vocales y los anillos traqueales en tiempo real durante la videolaringoscopia y la broncoscopia, logrando una alta sensibilidad (0,86) y especificidad (0,98).<sup>10</sup> El artículo de Nakamura et al. demostró que el modelo YOLOv8n fue capaz de detectar la laringe en lactantes con un área bajo la curva (AUC) de 0,91, aunque advirtió sobre posibles errores técnicos en la identificación del esófago debido a la proximidad anatómica. (16) Los estudios de Haag et al. y Hsu et al. demostraron la capacidad de la IA para auxiliar en la reconstrucción de imágenes radiológicas para la creación de modelos anatómicos 3D detallados, mejorando la planificación de casos quirúrgicos complejos y la preparación para el acceso cervical de emergencia.<sup>4,5</sup>

Además de estos usos, Gálvez et al. demostraron que los sistemas de IA pueden utilizarse para detectar automáticamente la técnica de vía aérea en uso (invasiva versus no invasiva) a través del monitor respiratorio.<sup>13</sup> Después del análisis, se concluyó que, además de automatizar la documentación, reduce la fatiga auditiva causada por las alarmas y mejora la precisión en la detección de cambios en el patrón ventilatorio.<sup>13</sup>

Otro uso, documentado por Madadi et al., fue la adopción de “gemelos digitales” (réplicas virtuales de procesos físicos, alimentados en tiempo real por IA) y gamificación en realidad virtual, tanto para entrenar las habilidades técnicas necesarias para el manejo de la vía aérea por parte de los médicos, como para la educación del paciente, haciendo que los niños estén más familiarizados con el proceso pre-, peri- y postoperatorio, reduciendo la ansiedad y generando mejores pronósticos.

Sin embargo, el análisis de los artículos seleccionados mostró que aún se requiere una amplia inversión en la aplicación de la IA en el enfoque pediátrico. La inteligencia artificial (IA) tiene varios usos potenciales. Sin embargo, los resultados señalan una limitación ampliamente reconocida para su implementación generalizada en la práctica clínica y quirúrgica pediátrica a pie de cama.<sup>7, 8, 15, 17</sup> Shah et al. mencionan el exceso de estudios retrospectivos de un solo centro y la marcada falta de validación externa formal.<sup>17</sup> Madadi et al. también identificaron la falta de bases de datos demográficamente diversas como una barrera, generando un riesgo de sesgo algorítmico poblacional.<sup>15</sup> Lonsdale et al. y Shah et al. refuerzan la necesidad de verificación de seguridad, transparencia del modelo y directrices bioéticas claras para el uso de la IA en la práctica.<sup>8, 17</sup>

La literatura reciente confirma el potencial de esta tecnología, cuya aplicabilidad abarca todas las fases de la toma de decisiones clínicas: en la planificación, permitiendo reconstrucciones anatómicas 3D rápidas y accesibles para casos complejos; durante el manejo, brindando apoyo en tiempo real para la identificación anatómica y la optimización del dispositivo; y en el postmanejo, anticipando complicaciones como fallas en la extubación a través del análisis de datos fisiológicos. Con base en los datos presentados, este estudio contribuye a la literatura al presentar una síntesis del conocimiento actual proveniente de bases de datos internacionales relevantes sobre el uso de la Inteligencia Artificial (IA) en el manejo de la vía aérea pediátrica en pacientes críticos. Este conocimiento tiene el potencial de apoyar a diversos profesionales médicos, incluidos anestesiólogos, médicos de urgencias y cirujanos pediátricos. Esta síntesis se vuelve aún más relevante al considerar que la intubación difícil ocurre en el 0,28 % de los pacientes pediátricos, con una mayor prevalencia en niños menores de 1 año de edad<sup>18</sup>.

Este estudio tiene algunas limitaciones. Consideramos los siguientes factores limitantes: la inclusión de un número reducido de textos, a pesar de la búsqueda en tres bases de datos; el bajo nivel de evidencia de la mayoría de los artículos incluidos; y el criterio de inclusión restringido a artículos originales o de revisión disponibles

apenas en inglés, portugués o español. También se excluyeron los artículos que abordaban exclusivamente el grupo de edad neonatal, un grupo con intubaciones difíciles que podría beneficiarse del uso de la IA<sup>18</sup>. Además de las limitaciones metodológicas, el uso de la Inteligencia Artificial (IA) en la práctica clínica plantea importantes consideraciones éticas y regulatorias. Entre las principales preocupaciones se encuentran la posibilidad de sesgos algorítmicos, la limitada capacidad de generalización de los modelos entrenados en grupos poblacionales específicos y la falta de directrices claras para definir la responsabilidad clínica en escenarios de toma de decisiones asistida por IA. En consecuencia, las validaciones externas rigurosas y la creación de regulaciones apropiadas son imperativas como pasos preliminares esenciales para la implementación a gran escala.

## CONCLUSIÓN

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en el manejo de la vía aérea difícil en pediatría se perfila como un hito, transformando el paradigma de un enfoque reactivo en un modelo predictivo y altamente personalizado. Sin embargo, la transición de estas innovaciones de la investigación a la práctica clínica diaria se ve obstaculizada por importantes desafíos. La generalización de los resultados actuales se ve limitada por la falta de una validación externa sólida y la necesidad imperiosa de desarrollar algoritmos específicamente con datos pediátricos para evitar sesgos derivados de los modelos para adultos. En este contexto, el futuro del manejo de la vía aérea pediátrica estará marcado por la multimodalidad, basada en la sinergia entre técnicas híbridas, ecografía en el punto de atención, POCUS (Point-of-Care Ultrasound) y herramientas computacionales avanzadas. En este ecosistema, la IA asume el rol no de sustituto, sino de sistema indispensable de apoyo a la toma de decisiones, aumentando la seguridad y la eficacia del juicio clínico humano. Por lo tanto, es crucial incrementar la inversión en proyectos de investigación en este ámbito, priorizando la realización de estudios prospectivos de alta calidad.

## REFERENCIAS

1. Russell SJ, Norvig P. Artificial intelligence: a modern approach. 4th ed. Hoboken (NJ): Pearson; 2021.
2. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence.

Nat Med. 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7.

3.LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*.2015;521(7553):436-444. doi:10.1038/nature14539.

4.Haag AK, Tredese A, Bordini M, Fuchs A, Greif R, Matava C, Riva T, Scquizzato T, Disma N. Emergency front-of-neck access in pediatric anesthesia: a narrative review. *Paediatr Anaesth*. 2024;34(6):495-506. doi:10.1111/pan.14875.

5.Hsu G, Fiadjoe JE. The pediatric difficult airway: updates and innovations. *Anesthesiol Clin*. 2020;38(3):459-475. doi:10.1016/j.anclin.2020.05.001.

6.Ryan ML, Wang S, Pandya SR. Integrating artificial intelligence into the visualization and modeling of three-dimensional anatomy in pediatric surgical patients. *J Pediatr Surg*. 2024;59:161629. doi:10.1016/j.jpedsurg.2024.161629.

7.Matava C, Pankiv E, Ahumada L, Weingarten B, Simpao A. Artificial intelligence, machine learning and the pediatric airway. *Paediatr Anaesth*. 2020;30(3):264-268. doi:10.1111/pan.13806.

8.Lonsdale H, Gray GM, Ahumada LM, Matava CT. Machine vision and image analysis in anesthesia: narrative review and future prospects. *Anesth Analg*.2023;137(4):830-840. doi:10.1213/ANE.0000000000006532.

9.Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.

10.Matava C, Pankiv E, Raisbeck S, Caldeira M, Alam F. A convolutional neural network for real-time classification, identification, and labelling of vocal cord and trachea using laryngoscopy and bronchoscopy video. *J Med Syst*. 2020;44(2):44. doi:10.1007/s10916-019-1481-4.

11.Kim H, Yoon HK, Lee H, Jung CW, Lee HC. Predicting optimal endotracheal tube size and depth in pediatric patients using demographic data and machine learning techniques. *Korean J Anesthesiol*. 2023;76(6):540-549. doi:10.4097/kja.23501.

12.Sullivan TM, et al. Development and validation of a Bayesian network predicting intubation following hospital arrival among injured children. *J Pediatr Surg*. 2025;60:161888. doi:10.1016/j.jpedsurg.2025.161888.

13.Gálvez JA, Jalali A, Ahumada L, Simpao AF, Rehman MA. Neural network classifier for automatic detection of invasive versus noninvasive airway management technique based on respiratory monitoring parameters in pediatric anesthesia. *J Med Syst*. 2017;41(10):153. doi:10.1007/s10916-017-0787-3.

14.Shim JG, Lee EK, Oh EJ, Cho EA, Park J, Lee JH, Ahn JH. Predicting the risk of inappropriate depth of endotracheal intubation in pediatric patients using machine learning approaches. *Sci Rep*. 2023;13(1):5156. doi:10.1038/s41598-023-32122-5.

15.Madadi F, Dabbagh A, Sabouri AS. Artificial intelligence in pediatric anesthesia. *Anesthesiol Clin*. 2025;43(3):453-469. doi:10.1016/j.anclin.2025.06.003.

16.Nakamura H, Fukuda K, Asano T, Masue T. Development of an artificial intelligence-assisted system for tracheal intubation using a video laryngoscope in infants and neonates. *J Clin Anesth*. 2025;106:111914. doi:10.1016/j.jclinane.2025.111914.

17.Shah A, Fakhoury P, Butler E, Patel M, Zimmerman C, Macdonald L, Almasnaah A, Sanku D, Patel K, Saasouh W. Applications of artificial intelligence in pediatric anesthesia: a structured narrative review. *Paediatr Anaesth*. 2024. doi:10.1111/pan.15036.

18.Lima EA, et al. Recomendações da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) para controle da via aérea difícil em pediatria. *Braz J Anesthesiol*.2024;74(1):74478.doi:10.1016/j.bjane.2023.08.006.

**Declaración de responsabilidad:** Declaración de responsabilidad: Declaramos que todos los autores participaron en el desarrollo y la elaboración de este trabajo. Detalles de las responsabilidades de cada autor en la preparación del manuscrito: (1) Maria do Carmo Barros de Melo: Supervisora de los estudiantes de medicina, responsable de la redacción del manuscrito y de la revisión final. (2) Priscila Menezes Ferri Liu y Romina Aparecida dos Santos Gomes: Participaron en reuniones, aportaron sugerencias durante la revisión y preparación final del manuscrito, y revisaron y aprobaron la versión final del documento. (3) Adriana Teixeira Rodrigues: Concibió el tema a abordar. Participó en reuniones, colaboró en la elaboración del manuscrito y aprobó la versión final del texto. (4) Maria Laura Rezende Lima de Oliveira: Coordinó a los estudiantes de medicina, realizó la búsqueda de artículos, organizó el contenido en tablas y participó en la redacción del manuscrito. (5) Beatriz Lobo Nunes Verçosa, Marina Sales De Lucca Rodrigues y Juliana de Oliveira Otávio: Estudiantes de medicina que colaboraron en la síntesis de los artículos, la recopilación de datos y la elaboración de sugerencias para el manuscrito, además de aprobar la versión final del texto.

**Financiación:** Los autores declaran que no existió ninguna fuente de financiamiento o apoyo financiero para la ejecución, elaboración o publicación de este manuscrito.

**Conflicto de interés:** Los autores declaran que no existen conflictos de interés relacionados con la investigación, la autoría o la publicación de este artículo. La autora de correspondencia asume la plena responsabilidad de todos los aspectos relacionados con el manuscrito.

**Cómo citar este artículo:** Oliveira MLRL, Verçosa BLN, Rodrigues AT, Rodrigues MSDL, Otávio JO, Liu PMF, Gomes RAS, Melo MCB. Potencialidades y Desafíos de la IA en el Manejo de la Vía Aérea Pediátrica: Una Revisión Integradora. Belo Horizonte, 2025; 12(2): 231-244 ISSN: 2175-2990.