



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ANESTESIOLOGÍA: MODELOS PREDICTIVOS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD PERIOPERATORIA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ANESTHESIOLOGY: PREDICTIVE MODELS TO IMPROVE PERIOPERATIVE SAFETY

Maddy Stephanie Morales Lopez* , Mayda Verónica Kantuta Chambilla* 

*Medico Anestesiólogo Hospital Municipal Los Pinos, La Paz-Bolivia.

Correspondencia: maddysml@hotmail.com, (591) 73030760.

Recibido: 15/04/2026

Aprobado: 15/05/2026

RESUMEN

Introducción: La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta transformadora en múltiples áreas de la medicina, particularmente en anestesiología. Los modelos predictivos desarrollados mediante técnicas de aprendizaje automático y aprendizaje profundo permiten analizar grandes volúmenes de datos clínicos en tiempo real, facilitando la anticipación de eventos adversos y mejorando la seguridad del paciente. **Objetivo:** Analizar la evidencia científica disponible sobre la aplicación de modelos predictivos basados en IA en anestesiología, con énfasis en su impacto en la seguridad perioperatoria. **Metodología:** Se realizó una revisión de la literatura en bases de datos biomédicas relevantes, incluyendo estudios publicados entre 2018 y 2025. La búsqueda bibliográfica fue actualizada por última vez en enero de 2026. **Resultados:** La IA ha demostrado una alta capacidad predictiva en eventos críticos como la hipotensión intraoperatoria, complicaciones respiratorias, mortalidad postoperatoria y delirio. Asimismo, su aplicación en anestesia personalizada permite optimizar la administración de fármacos anestésicos. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la calidad de los datos, la interpretabilidad de los modelos y aspectos éticos y legales. **Conclusión:** La IA representa una herramienta prometedora para mejorar la seguridad perioperatoria, aunque su implementación requiere validación clínica rigurosa y un enfoque ético adecuado.

ABSTRACT

Introduction: Artificial intelligence (AI) has emerged as a transformative tool across multiple areas of medicine, particularly in anesthesiology. Predictive models developed using machine learning and deep learning techniques enable the analysis of large volumes of clinical data in real time, facilitating the anticipation of adverse events and enhancing patient safety. **Objective:** To analyze the available scientific evidence regarding the application of AI-based predictive models in anesthesiology, with an emphasis on their impact on perioperative safety. **Methodology:** A literature review was conducted using relevant biomedical databases, covering studies published between 2018 and 2025. The literature search was last updated in January 2026. **Results:** AI has demonstrated high predictive capability regarding critical events such as intraoperative hypotension, respiratory complications, postoperative mortality, and delirium. Furthermore, its application in personalized anesthesia allows for the optimization of anesthetic drug administration. However, challenges remain regarding data quality, model interpretability, and ethical and legal considerations. **Conclusion:** AI represents a promising tool for improving perioperative safety, although its implementation requires rigorous clinical validation and an appropriate ethical approach.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Anestesiología; Evaluación de Riesgo; Periodo Perioperatorio; Medicina de Precisión.

Keywords: Artificial Intelligence; Anesthesiology; Risk Assessment; Perioperative Period; Precision Medicine

Introducción

El presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión exhaustiva de la literatura sobre el uso de modelos predictivos basados en inteligencia artificial en anestesiología, analizando sus aplicaciones, beneficios, limitaciones e implicaciones futuras, como la predicción precisa de vías respiratorias difíciles (1,2).

La anestesiología moderna constituye una de las especialidades médicas más complejas y dinámicas, desempeñando un papel central en la seguridad del paciente durante el periodo perioperatorio (3, 4, 5).

Su práctica implica la monitorización continua de múltiples variables fisiológicas, la administración precisa de agentes farmacológicos y la toma de decisiones críticas en tiempo real. A pesar de los avances tecnológicos y farmacológicos alcanzados en las últimas décadas, los eventos adversos perioperatorios continúan siendo una causa significativa de morbilidad a nivel mundial, lo que pone de manifiesto la necesidad de desarrollar herramientas innovadoras que permitan optimizar la atención clínica (5, 6, 7, 14).

El periodo perioperatorio se caracteriza por una interacción compleja entre factores dependientes del paciente, del procedimiento quirúrgico y del manejo anestésico. Variables como la edad, las comorbilidades, el estado funcional, el tipo de cirugía y la respuesta individual a los fármacos influyen de manera significativa en los resultados clínicos. En este contexto, el anestesiólogo debe integrar y analizar en tiempo real grandes volúmenes de información provenientes de monitores hemodinámicos, parámetros ventilatorios, resultados de laboratorio y antecedentes clínicos. Esta carga cognitiva elevada puede limitar la capacidad humana para identificar patrones sutiles o anticipar eventos adversos de manera temprana (8, 9, 10).

En este escenario, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta disruptiva con el potencial de transformar la práctica anestesiológica. La IA engloba un conjunto de

técnicas computacionales diseñadas para simular procesos cognitivos humanos, incluyendo el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones. Dentro de este campo, el aprendizaje automático (machine learning) y el aprendizaje profundo (deep learning) han demostrado una capacidad notable para analizar grandes bases de datos clínicos, identificar patrones complejos y generar modelos predictivos con alta precisión (11, 12, 13, 14).

En anestesiología, los modelos predictivos basados en IA permiten anticipar eventos adversos antes de su manifestación clínica, lo que representa un cambio paradigmático desde un enfoque reactivo hacia uno proactivo y preventivo. Entre las aplicaciones más relevantes se encuentra la predicción de hipotensión intraoperatoria, un evento frecuente asociado a complicaciones graves como lesión renal aguda, daño miocárdico y aumento de la mortalidad. Asimismo, la IA ha demostrado utilidad en la predicción de complicaciones postoperatorias, incluyendo insuficiencia respiratoria, infecciones del sitio quirúrgico y delirio, especialmente en poblaciones vulnerables como los pacientes geriátricos (15-16).

Además, la implementación de sistemas de soporte a la decisión clínica basados en IA tiene el potencial de reducir la variabilidad en la práctica médica y mejorar la precisión en la toma de decisiones. Estos sistemas pueden proporcionar recomendaciones en tiempo real, alertar sobre cambios fisiológicos críticos y contribuir a la detección temprana de complicaciones, lo que resulta particularmente relevante en entornos de alta complejidad como el quirófano y las unidades de cuidados intensivos (17).

Sin embargo, a pesar de los avances significativos, la incorporación de la IA en anestesiología no está exenta de desafíos. La calidad y representatividad de los datos utilizados para entrenar los modelos constituye un factor crítico, ya que la presencia de sesgos puede afectar la validez y generalización de los resultados.

Asimismo, la falta de interpretabilidad de algunos algoritmos, conocidos como “cajas negras”, plantea dificultades para su aceptación clínica. A esto se suman consideraciones éticas y legales relacionadas con la privacidad de los datos, la responsabilidad médica y la toma de decisiones automatizada (18).

En este contexto, surge la necesidad de realizar revisiones exhaustivas que analicen de manera crítica la evidencia científica disponible sobre el uso de la inteligencia artificial en anestesiología. La comprensión de sus aplicaciones, beneficios y limitaciones es fundamental para facilitar su integración segura y efectiva en la práctica clínica (19).

El objetivo del presente artículo es revisar la literatura existente sobre los modelos predictivos basados en inteligencia artificial en anestesiología, con especial énfasis en su impacto sobre la seguridad perioperatoria. Asimismo, se pretende analizar las principales aplicaciones clínicas, evaluar la evidencia disponible y discutir los desafíos y perspectivas futuras en este campo emergente (19).

Metodología

Se realizó una revisión narrativa estructurada de la literatura científica.

Fuentes de información: La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las siguientes bases de datos biomédicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Cochrane Library. Se incluye publicaciones comprendidas entre enero de 2018 a diciembre de 2025. La estrategia de la búsqueda fue actualizada por última vez el 15 de enero de 2026, con el fin de incluir la evidencia más reciente disponible.

Estrategia de búsqueda: Se utilizaron combinaciones de términos MeSH y palabras clave relacionadas con inteligencia artificial y anestesiología: ("*artificial intelligence*" OR "*machine learning*" OR "*deep learning*") AND ("*anesthesia*" OR "*anesthesiology*") AND ("*predictive models*" OR "*perioperative complications*")

Criterios de inclusión: Estudios publicados entre 2018 y 2025, ensayos clínicos, estudios observacionales, revisiones sistemáticas,

aplicación de IA en el contexto perioperatorio .

Criterios de exclusión: artículos sin metodología clara, opiniones sin evidencia científica y estudios no relacionados con anestesiología.

Selección de estudios: Los artículos fueron evaluados inicialmente mediante la revisión de título y resúmenes, seguido de revisión a texto completo. Se priorizaron estudios con alta calidad metodológica y relevancia clínica. La búsqueda inicial identificó 53 artículos. Tras la eliminación de duplicados y la aplicación de criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 30 estudios para el análisis final.

Desarrollo

Fundamentos de la inteligencia artificial en anestesiología

La inteligencia artificial (IA) en anestesiología se fundamenta en la aplicación de modelos computacionales capaces de simular procesos cognitivos humanos, tales como el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones. En el contexto perioperatorio, estos sistemas buscan analizar datos clínicos complejos y heterogéneos para generar predicciones útiles que apoyen la toma de decisiones médicas en tiempo real (18,19).

Desde una perspectiva técnica, la IA se sustenta principalmente en tres grandes ramas: el aprendizaje automático (machine learning), el aprendizaje profundo (deep learning) y los sistemas de soporte a la decisión clínica. El aprendizaje automático constituye la base de la mayoría de los modelos predictivos actuales, permitiendo a los algoritmos aprender patrones a partir de datos históricos sin ser programados explícitamente. Estos modelos incluyen técnicas como regresión logística, máquinas de soporte vectorial, árboles de decisión y métodos de ensamblaje como random forest y gradient boosting, ampliamente utilizados en la predicción de eventos perioperatorios.(15,18).

El aprendizaje profundo, representa una evolución del aprendizaje automático, basado en redes neuronales artificiales con múltiples capas capaces de procesar grandes volúmenes de datos no estructurados.

En anestesiología, este enfoque ha demostrado especial utilidad en el análisis de señales fisiológicas continuas, como la presión arterial invasiva, el electrocardiograma y la oximetría de pulso, permitiendo identificar patrones dinámicos que preceden a eventos clínicos adversos (18,19).

Uno de los elementos clave que ha impulsado el desarrollo de la IA en anestesiología es la disponibilidad de datos de alta frecuencia generados durante la monitorización intraoperatoria. A diferencia de otras áreas de la medicina, el entorno quirúrgico proporciona datos continuos, multivariantes y altamente dinámicos, lo que constituye un escenario ideal para la implementación de algoritmos predictivos. Esta característica ha permitido el desarrollo de modelos capaces de realizar predicciones en tiempo real, con aplicaciones directas en la práctica clínica (4,18).

El principio fundamental de estos modelos es la identificación de patrones ocultos en grandes bases de datos clínicos. A través del entrenamiento con millones de registros de pacientes, los algoritmos pueden reconocer combinaciones específicas de variables fisiológicas que preceden a eventos críticos, como la hipotensión intraoperatoria o el colapso hemodinámico. Este enfoque representa un cambio significativo respecto a los modelos tradicionales basados en regresión estadística, ya que permite capturar relaciones no lineales complejas entre múltiples variables (14,18,19).

En anestesiología, la integración de la IA no se limita únicamente a la predicción de eventos adversos, sino que también abarca la optimización del manejo farmacológico. Los modelos farmacocinéticos y farmacodinámicos clásicos han sido complementados con algoritmos de aprendizaje automático que permiten ajustar la dosificación de agentes anestésicos de manera individualizada. Esto ha dado lugar al concepto de anestesia personalizada, en la cual la administración de fármacos se adapta en tiempo real a las características fisiológicas del paciente (18).

Otro componente fundamental del desarrollo de la IA en este campo es la implementación de

sistemas de soporte a la decisión clínica (CDSS). Estos sistemas integran datos en tiempo real con modelos predictivos para generar alertas, recomendaciones y predicciones clínicas. Su objetivo no es reemplazar al anestesiólogo, sino aumentar su capacidad de análisis y reducir la carga cognitiva asociada a la toma de decisiones en entornos de alta complejidad (16,18,19).

Desde el punto de vista metodológico, el desarrollo de modelos de IA en anestesiología requiere un proceso estructurado que incluye la recolección de datos, la limpieza y preprocesamiento de la información, el entrenamiento del modelo, la validación interna y externa, y finalmente su implementación clínica. Cada una de estas etapas es crítica para garantizar la precisión, seguridad y generalización del modelo (15,19).

Sin embargo, uno de los principales desafíos en los fundamentos de la IA aplicada a la anestesiología es la calidad de los datos utilizados. Los registros clínicos pueden contener errores, valores faltantes o inconsistencias que afectan el rendimiento de los algoritmos. Además, la heterogeneidad entre diferentes sistemas hospitalarios dificulta la estandarización de los modelos, lo que limita su aplicabilidad global (19).

Otro aspecto fundamental es el problema de la interpretabilidad. Muchos de los modelos más precisos, especialmente los basados en redes neuronales profundas, funcionan como "cajas negras", lo que significa que no es posible comprender fácilmente cómo llegan a sus predicciones. Este fenómeno genera resistencia en la comunidad médica, ya que la toma de decisiones clínicas requiere justificación y transparencia (14,19).

Finalmente, es importante destacar que la implementación de la IA en anestesiología debe entenderse como un proceso de integración progresiva y no de sustitución del juicio clínico. La evidencia actual sugiere que los mejores resultados se obtienen cuando los sistemas de IA funcionan como herramientas complementarias, potenciando la capacidad del anestesiólogo sin reemplazar su criterio profesional (18,19).

En conjunto, los fundamentos de la inteligencia artificial en anestesiología se basan en la convergencia entre tecnología avanzada, disponibilidad de grandes volúmenes de datos clínicos y la necesidad de mejorar la seguridad del paciente en entornos altamente dinámicos. Esta convergencia ha permitido el desarrollo de modelos predictivos cada vez más precisos, capaces de transformar la práctica anestésica hacia un enfoque más preventivo, personalizado y basado en datos.

Predicción de hipotensión intraoperatoria

La hipotensión intraoperatoria constituye uno de los eventos adversos más relevantes en anestesiología moderna debido a su alta frecuencia y a su asociación directa con desenlaces clínicos negativos. Diversos estudios han demostrado que incluso episodios breves de hipotensión media arterial inferior a 65 mmHg se relacionan con un incremento significativo del riesgo de lesión renal aguda, daño miocárdico, accidente cerebrovascular y aumento de la mortalidad perioperatoria (20).

En este contexto, la inteligencia artificial ha permitido un cambio paradigmático en el manejo hemodinámico intraoperatorio, pasando de un enfoque reactivo basado en la corrección del evento ya establecido a un enfoque predictivo y preventivo. Este avance se ha logrado gracias al desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático capaces de analizar señales fisiológicas en tiempo real y detectar patrones hemodinámicos subclínicos que preceden a la hipotensión arterial (9,10,20).

Uno de los desarrollos más relevantes en este campo es el Hypotension Prediction Index (HPI), un algoritmo basado en aprendizaje automático entrenado con millones de ondas de presión arterial invasiva. Este sistema analiza características complejas de la forma de onda arterial, incluyendo variabilidad, amplitud, morfología y cambios dinámicos sutiles que no son perceptibles mediante la evaluación clínica convencional. A partir de estas variables, el modelo genera un índice predictivo que estima la probabilidad de desarrollo de hipotensión en los minutos siguientes (9,20).

Estudios clínicos han demostrado que el HPI puede predecir episodios de hipotensión con

una anticipación de entre 5 y 15 minutos antes de su aparición clínica, lo que proporciona una ventana terapéutica crítica para la intervención preventiva. Esta intervención puede incluir la administración temprana de fluidos intravenosos y vasopresores, lo que permite reducir la incidencia, duración y severidad de los episodios hipotensivos (10,20).

Desde el punto de vista fisiopatológico, la hipotensión intraoperatoria es un fenómeno multifactorial que resulta de la interacción entre la vasodilatación inducida por anestésicos, la hipovolemia relativa, la disfunción autonómica y la respuesta individual del paciente al estrés quirúrgico. Los modelos de inteligencia artificial permiten integrar todas estas variables simultáneamente, lo que representa una ventaja significativa frente a los modelos clínicos tradicionales basados en variables aisladas (14,19,20).

Además de la presión arterial invasiva, los modelos más avanzados incorporan múltiples fuentes de datos, incluyendo frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca, volumen sistólico estimado, respuesta a fluidos y parámetros derivados de la onda de pulso. Esta integración multimodal permite una evaluación más completa del estado hemodinámico del paciente y mejora la precisión predictiva del modelo (15,21).

Sin embargo, la implementación clínica de estos sistemas no está exenta de limitaciones. Uno de los principales desafíos es la dependencia de datos de alta calidad y de monitorización invasiva, lo que puede limitar su aplicabilidad en entornos con recursos restringidos. Asimismo, la interpretación de las alertas generadas por los sistemas de IA requiere entrenamiento específico por parte del personal anestésico para evitar respuestas inadecuadas o sobre intervención (21).

A nivel de impacto clínico, la predicción temprana de hipotensión intraoperatoria ha demostrado beneficios no solo en términos de estabilidad hemodinámica, sino también en la reducción de complicaciones. Esto refuerza la importancia de la IA como herramienta de medicina preventiva dentro del entorno quirúrgico (21,22).

Finalmente, se reconoce que el futuro de estos modelos se orienta hacia sistemas cada vez más integrados, capaces de combinar datos hemodinámicos, farmacológicos y clínicos en tiempo real, con el objetivo de desarrollar sistemas de soporte a la decisión completamente adaptativos y personalizados para cada paciente.

Predicción de complicaciones postoperatorias

La predicción de complicaciones postoperatorias constituye uno de los campos de mayor impacto clínico dentro de la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en anestesiología. El periodo postoperatorio representa una fase crítica en la que el paciente se encuentra expuesto a múltiples riesgos derivados de la respuesta fisiológica al estrés quirúrgico, los efectos residuales de los agentes anestésicos y la interacción de comorbilidades preexistentes. En este contexto, la identificación temprana de pacientes en riesgo permite implementar estrategias preventivas (11,21,22).

Los modelos predictivos basados en aprendizaje automático han demostrado una capacidad superior a los métodos tradicionales de estratificación de riesgo, como las escalas clínicas convencionales, debido a su habilidad para integrar grandes volúmenes de datos heterogéneos y detectar relaciones no lineales complejas entre variables clínicas (15,22). Estos modelos utilizan información pre/intraoperatoria y, en algunos casos, datos postoperatorios tempranos para generar predicciones dinámicas del riesgo individual del paciente (22).

Entre las complicaciones postoperatorias más estudiadas mediante IA se encuentra el delirio postoperatorio, una condición neuropsiquiátrica frecuente especialmente en pacientes adultos mayores. El delirio se asocia con un incremento significativo en la estancia hospitalaria, deterioro funcional a largo plazo y aumento de la mortalidad. Los modelos predictivos pueden identificar pacientes de alto riesgo mediante la integración de variables como edad avanzada, deterioro cognitivo previo, tipo de anestesia, duración de la cirugía y niveles de inflamación sistémica (11,22).

Asimismo, las complicaciones respiratorias postoperatorias representan otro objetivo importante de los modelos de IA. La insuficiencia respiratoria, la hipoxemia y la necesidad de ventilación mecánica prolongada pueden ser anticipadas mediante algoritmos que analizan parámetros ventilatorios intraoperatorios, antecedentes de enfermedad pulmonar, obesidad, tipo de cirugía y respuesta a la anestesia. Estos modelos permiten una planificación anticipada de cuidados intensivos o monitorización prolongada (21,22).

En relación con las complicaciones cardiovasculares, los modelos de IA han mostrado utilidad en la predicción de eventos como insuficiencia cardíaca aguda, arritmias y eventos isquémicos. Estos algoritmos integran variables hemodinámicas intraoperatorias, biomarcadores y antecedentes cardiovasculares, logrando una estratificación de riesgo más precisa que las escalas tradicionales. La identificación temprana de pacientes en riesgo permite optimizar el manejo hemodinámico y ajustar las estrategias anestésicas y analgésicas (22,23).

Un aspecto fundamental en la predicción de complicaciones postoperatorias es la naturaleza multimodal de los datos utilizados. A diferencia de los modelos tradicionales, la IA permite integrar datos estructurados (como variables demográficas y clínicas) con datos no estructurados (como notas clínicas, imágenes médicas y señales fisiológicas). Esta integración mejora significativamente la capacidad predictiva del modelo y permite una evaluación más completa del riesgo individual del paciente. (14,18,23)

Desde una perspectiva clínica, la implementación de modelos predictivos en el postoperatorio tiene un impacto directo en la planificación de recursos sanitarios. La identificación temprana de pacientes de alto riesgo permite optimizar la asignación de camas en unidades de cuidados intensivos, mejorar la vigilancia postoperatoria y reducir la tasa de reingresos hospitalarios. Esto contribuye no solo a mejorar los resultados clínicos, sino también a aumentar la eficiencia del sistema de salud (23).

Anestesia personalizada y farmacología predictiva

La anestesia personalizada representa uno de los avances más relevantes derivados de la integración de la inteligencia artificial (IA) en la práctica anestesiológica moderna. Este enfoque se basa en la adaptación individualizada de la administración de agentes anestésicos y analgésicos en función de las características fisiológicas, farmacocinéticas y farmacodinámicas de cada paciente, con el objetivo de optimizar la eficacia terapéutica y minimizar los efectos adversos (21,22,23).

Los modelos de aprendizaje automático aplicados a la farmacología anestésica integran datos farmacocinéticos y farmacodinámicos con información fisiológica continua, permitiendo construir modelos dinámicos que predicen la concentración efectiva de fármacos en el organismo. Esta capacidad es especialmente relevante en la administración de agentes hipnóticos, opioides y relajantes musculares, donde pequeñas variaciones en la dosis pueden tener un impacto significativo en la respuesta clínica del paciente (21,24)

Uno de los avances más importantes en este campo es el uso de sistemas de infusión controlada por objetivos (Target Controlled Infusion, TCI) mejorados mediante inteligencia artificial (18)

Desde el punto de vista clínico, la anestesia personalizada basada en IA ha demostrado múltiples beneficios potenciales, entre los que destacan la reducción del consumo total de anestésicos, la disminución de efectos adversos hemodinámicos, una recuperación más rápida en el postoperatorio inmediato y una mayor estabilidad intraoperatoria (24).

Asimismo, la integración de la IA en la farmacología anestésica permite incorporar el concepto de "respuesta dinámica del paciente", en el cual los modelos se ajustan continuamente en función de la respuesta fisiológica observada. Este enfoque representa una evolución significativa respecto a los modelos estáticos tradicionales, ya que permite una adaptación continua del plan anestésico durante todo el procedimiento quirúrgico. 5,24)

Sin embargo, la implementación de la anestesia personalizada basada en IA también enfrenta desafíos importantes. Entre ellos destacan la necesidad de validación clínica robusta, la dependencia de sistemas de monitorización avanzados, y la posibilidad de errores derivados de datos incompletos o inexactos (18,20,24).

Finalmente, el desarrollo futuro de la anestesia personalizada se orienta hacia sistemas completamente integrados, capaces de combinar datos clínicos, farmacológicos, fisiológicos y genómicos en tiempo real. Este enfoque permitirá avanzar hacia una medicina perioperatoria altamente individualizada, en la cual cada paciente reciba un plan anestésico único, optimizado en función de sus características biológicas específicas.

Sistemas de control cerrado

Los sistemas de control cerrado (closed-loop systems) representan una de las aplicaciones más avanzadas de la inteligencia artificial (IA) en anestesiología moderna. Estos sistemas se basan en la automatización parcial o total de la administración de agentes anestésicos mediante algoritmos que ajustan continuamente las dosis farmacológicas en función de variables fisiológicas en tiempo real (22,23,24).

A diferencia de los sistemas de administración manual o de infusión controlada por objetivos (Target Controlled Infusion, TCI), los sistemas de control cerrado incorporan retroalimentación continua (feedback) desde monitores fisiológicos, lo que permite una adaptación dinámica e inmediata a los cambios en el estado del paciente. Este enfoque constituye un modelo de control en el cual la información fisiológica del paciente es utilizada por algoritmos para ajustar automáticamente la intervención anestésica (22,24).

Diversos estudios han demostrado que estos sistemas pueden mejorar significativamente la estabilidad hemodinámica y la consistencia en la administración anestésica en comparación con el manejo manual tradicional. Estos sistemas reducen la variabilidad interoperatoria y permiten una mayor precisión en la titulación de fármacos, lo que se traduce en una anestesia más estable y predecible (24,25).

Sistemas de soporte a la decisión clínica

Los sistemas de soporte a la decisión clínica (Clinical Decision Support Systems, CDSS) constituyen una de las aplicaciones más relevantes de la inteligencia artificial (IA) en anestesiología moderna. Estos sistemas están diseñados para asistir al anestesiólogo en la toma de decisiones clínicas mediante el análisis en tiempo real de datos fisiológicos, farmacológicos y clínicos, generando alertas, recomendaciones o predicciones que facilitan un manejo perioperatorio más seguro y eficiente (16,20,26).

A diferencia de los sistemas tradicionales de monitorización, los CDSS no se limitan a mostrar información fisiológica del paciente, sino que interpretan activamente estos datos mediante algoritmos de aprendizaje automático, identificando patrones clínicos que pueden no ser evidentes para el observador humano. Este enfoque permite transformar grandes volúmenes de datos en información clínica accionable, reduciendo la carga cognitiva del anestesiólogo durante procedimientos de alta complejidad (20,21,26).

Uno de los principales aportes de los CDSS en anestesiología es la detección temprana de deterioro fisiológico. Estos sistemas pueden identificar patrones sutiles de inestabilidad hemodinámica, alteraciones ventilatorias o cambios en la profundidad anestésica antes de que se manifiesten clínicamente. Esto permite una intervención precoz, lo que se traduce en una reducción significativa de eventos adversos perioperatorios (24,26).

Asimismo, los CDSS han demostrado utilidad en la optimización del manejo de fluidoterapia y soporte hemodinámico (25,26).

En el ámbito farmacológico, los CDSS pueden asistir en la dosificación de agentes anestésicos, analgésicos y relajantes musculares, integrando información sobre peso, función orgánica, respuesta previa a fármacos y parámetros fisiológicos en tiempo real (21,23,27).

Sin embargo, a pesar de sus beneficios, la implementación de CDSS enfrenta importantes desafíos. Uno de los principales problemas es la fatiga por alertas ("alert fatigue"), fenómeno en

el cual la generación excesiva de alertas puede llevar a la desensibilización del personal clínico, reduciendo la efectividad del sistema (21,27).

Otro desafío importante es la interpretabilidad de los modelos utilizados en CDSS basados en inteligencia artificial (14,20,27).

En términos de desarrollo futuro, los CDSS en anestesiología evolucionarán hacia sistemas más inteligentes, adaptativos y personalizados, capaces de aprender continuamente a partir de nuevos datos clínicos (15,27).

Impacto en la seguridad del paciente

En este escenario, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta transformadora con un impacto significativo en la mejora de la seguridad del paciente mediante la predicción, prevención y detección temprana de complicaciones clínicas. (17,24,27)

Uno de los principales aportes de la IA en la seguridad perioperatoria es el cambio de un modelo reactivo a un modelo predictivo y preventivo (14,15,27).

Otro impacto relevante de la IA en la seguridad del paciente es la reducción de errores humanos (16,20,27).

En el ámbito farmacológico, la IA ha mejorado la seguridad en la administración de anestésicos mediante la optimización de dosis individualizadas (21,23,28).

Desde una perspectiva sistémica, la implementación de IA también impacta en la seguridad del paciente a nivel organizacional. La capacidad de estratificar el riesgo perioperatorio permite una mejor planificación de recursos (25,28).

Adicionalmente, la IA mejora la continuidad del cuidado perioperatorio mediante la integración de datos clínicos a lo largo de las diferentes fases del proceso quirúrgico (17,28).

Sin embargo, uno de los principales riesgos es la dependencia excesiva de los sistemas automatizados, lo que podría disminuir la vigilancia clínica activa del anestesiólogo. Además, los errores en los algoritmos o la presencia de sesgos en los datos o en su interpretación (18,20,28).

Limitaciones de la IA en anestesiología

La inteligencia artificial (IA) en anestesiología presenta importantes limitaciones técnicas, metodológicas, organizacionales y éticas que deben considerarse antes de su implementación generalizada. Entre las principales se encuentra la baja calidad y heterogeneidad de los datos clínicos, lo que afecta el rendimiento y la generalización de los modelos predictivos. Además, el sesgo en los datos puede reproducir desigualdades en la atención sanitaria, generando inequidades en distintos grupos de pacientes (28).

También existen barreras tecnológicas, como la necesidad de infraestructura avanzada, y problemas como la “fatiga por alarmas” en sistemas de soporte a la decisión clínica (18,20,28).

En conjunto, aunque la IA es prometedora, su uso debe ser progresivo, supervisado y respaldado por evidencia sólida para garantizar la seguridad del paciente.

Análisis ético y legal de la IA en anestesiología

La implementación de inteligencia artificial (IA) en anestesiología plantea importantes desafíos

éticos y legales que afectan la relación médico-paciente y la responsabilidad profesional. En relación con la autonomía, surgen dificultades en el consentimiento informado debido a la complejidad y opacidad de los algoritmos, lo que limita la comprensión del paciente sobre la toma de decisiones asistida por IA. Además, existe el riesgo de sesgos en los modelos predictivos que podrían afectar la equidad en la selección de tratamientos. (28,29,30)

En cuanto a la beneficencia, la falta de explicabilidad de muchos sistemas de IA tipo “caja negra” dificulta la interpretación de sus predicciones, lo que puede generar desconfianza clínica y dependencia tecnológica, especialmente en anestesiólogos en formación. Desde la perspectiva de la no maleficencia, los errores algorítmicos, falsos positivos y la fatiga por alarmas pueden inducir intervenciones innecesarias o decisiones clínicas erróneas, comprometiendo la seguridad del paciente. (29,30)

Finalmente, desde el principio de justicia, se identifican riesgos de sesgo algorítmico debido a datos de entrenamiento no representativos, lo que puede generar inequidades en la atención perioperatoria.

Tabla 1. Aplicaciones de modelos predictivos basados en inteligencia artificial en Anestesiología.

Autor	Año	Tipo de estudio	Aplicación	Hallazgo principal
Hatib et al.	2018	Estudio clínico	Hipotensión	Predicción temprana mediante índice de hipotensión (HPI)
Wijnberge et al.	2020	Ensayo clínico	Hipotensión	Reducción de eventos hipotensivos intraoperatorios
Kendale et al.	2018	Observacional	Complicaciones postoperatorias	Alta precisión predictiva
Lee et al.	2018	Modelo de IA	Mortalidad y complicaciones	Mejor rendimiento que escalas tradicionales
Hyland et al.	2020	Machine learning	Fallo circulatorio	Predicción temprana en pacientes críticos
López et al.	2024	Revisión sistemática	IA en anestesiología	Alto potencial clínico
Paiste et al.	2024	Revisión	IA en anestesia	Identificación de fortalezas y limitaciones
Estrada et al.	2024	Encuesta	Adopción de IA	Uso creciente en la práctica anestesiológica

Nota: IA: inteligencia artificial; HPI: Hypotension Prediction Index. Elaborada por los autores con base en estudios publicados entre 2018 y 2024 incluidos en la revisión narrativa.

Como se observa en la Tabla 1, las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en anestesiología se orientan a la predicción de hipotensión intraoperatoria, complicaciones postoperatorias y eventos críticos. Los estudios analizados evidencian que los modelos basados en aprendizaje automático presentan elevada capacidad predictiva y podrían contribuir a mejorar la seguridad del paciente y la toma de decisiones clínicas. Asimismo, las revisiones recientes destacan el creciente interés por la implementación de herramientas de inteligencia artificial en la práctica anestesiológica.

Conclusiones

La incorporación de la inteligencia artificial (IA) en anestesiología representa uno de los avances más prometedores en la medicina perioperatoria contemporánea. A lo largo de la presente revisión, se ha evidenciado que los modelos predictivos basados en aprendizaje automático y aprendizaje profundo tienen la capacidad de transformar el enfoque tradicional de la práctica anestésica, pasando de un modelo reactivo a uno proactivo, preventivo y personalizado.

Los hallazgos analizados demuestran que la IA puede mejorar significativamente la seguridad perioperatoria mediante la predicción temprana de eventos adversos como la hipotensión intraoperatoria, las complicaciones respiratorias, el delirio postoperatorio y la mortalidad. Asimismo, su aplicación en la anestesia personalizada y en los sistemas de soporte a la decisión clínica permite optimizar la administración de fármacos y mejorar la precisión en la toma de decisiones médicas.

No obstante, a pesar de su potencial, la implementación de estas tecnologías aún enfrenta desafíos importantes. Entre ellos destacan la heterogeneidad y calidad variable de los datos clínicos, la limitada validación externa de muchos modelos, la falta de interpretabilidad de los algoritmos complejos y las implicaciones éticas y legales asociadas al uso de sistemas automatizados en la práctica clínica.

En este contexto, resulta fundamental no solo

consolidar la evidencia existente, sino también establecer directrices claras que orienten el desarrollo futuro de la investigación en este campo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con la elaboración del presente artículo, tampoco existieron fuentes de financiación para el mismo.

Uso de IA generativa: Los autores declaran que se utilizó inteligencia artificial generativa como herramienta de apoyo en la organización del manuscrito. El contenido final fue realizado, validado y aprobado íntegramente por los autores, quienes asumen la responsabilidad total de la información presentada.

Referencias Bibliográficas

1. Alatau M, Bauer J, Sazonov V. Artificial intelligence for predicting difficult airways: a review. *J Clin Med*. 2025;14(23):8600.
2. Lopes S, Rocha G, Guimarães-Pereira L. Artificial intelligence and its clinical application in anesthesiology: a systematic review. *J Clin Monit Comput*. 2024;38(2):247-259.
3. Kambale M, Jadhav S. Applications of artificial intelligence in anesthesia: a systematic review. *Saudi J Anaesth*. 2024;18(2):249-256.
4. Cascella M, Innamorato MA, Simonini A. Recent advances and perspectives in anesthesiology: towards artificial intelligence-based applications. *J Clin Med*. 2024;13(15):4316.
5. Paiste HJ, Godwin RC, Smith AD, et al. Strengths, weaknesses, opportunities and threats of artificial intelligence in anesthesiology. *Front Digit Health*. 2024;6:1316931.
6. Xie BH, Li TT, Ma FT, et al. Artificial intelligence in anesthesiology: a bibliometric analysis. *Perioper Med*. 2024;13:121.
7. Estrada Alamo CE, Diatta F, Monsell SE, Lane-Fall MB. Artificial intelligence in anesthetic care: a survey of physician anesthesiologists. *Anesth Analg*. 2024;138(5):938-950.

8. Cascella M, Tracey MC, Petrucci E, Bignami EG. Exploring artificial intelligence in anesthesia: a primer on ethics and clinical applications. *Surgeries*. 2023;4(2):264-274.
9. Wijnberge M, Geerts BF, Hol L, Lemmers N, Mulder MP, et al. Effect of a machine learning-derived early warning system for intraoperative hypotension vs standard care on depth and duration of intraoperative hypotension during elective noncardiac surgery: the HYPE randomized clinical trial. *JAMA*. 2020;323(11):1052-1060.
10. Sendak MP, D'Arcy J, Kashyap S, Gao M, et al. A path for translation of machine learning products into healthcare delivery. *EMJ Innov*. 2020;4(1):34-41. doi:10.33590/emjinnov/19-00172.
11. Li Y, Sun Q, Akman A, Schuller BW. Explainable AI for healthcare. In: *Handbook on Smart Health*. SAGE Publications; 2025:632-652. doi:10.3233/SHTI251454.
12. Hyland SL, Faltys M, Hüser M, Lyu X, Gumbsch T, Esteban C, et al. Early prediction of circulatory failure in the intensive care unit using machine learning. *Nat Med*. 2020;26(3):364-373.
13. Topol EJ. High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44-56.
14. Sessler DI, Saugel B. Beyond "failure to rescue": The time has come for predictive analytics in perioperative care. *Anesth Analg*. 2019;128(1):15-17.
15. Mudumbai SC, Pershing S, Bowe T, Kamal RN, Sears ED, et al. Development and validation of a predictive model for American Society of Anesthesiologists physical status. *BMC Health Serv Res*. 2019;19(1):859.
16. Bihorac A, Ozrazgat-Baslanti T, Ebadi A, et al. MySurgeryRisk: development and validation of a machine-learning risk algorithm for major complications and death after surgery. *Ann Surg*. 2019;269(4):652-662.
17. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat Med*. 2019;25(1):24-29.
18. Kelly CJ, Karthikesalingam A, Suleyman M, Corrado G, King D. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC Med*. 2019;17(1):195.
19. Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. *N Engl J Med*. 2019;380(14):1347-1358.
20. Wiens J, Saria S, Sendak M, Ghassemi M, Liu VX, Doshi-Velez F, et al. Do no harm: a roadmap for responsible machine learning for health care. *Nat Med*. 2019;25(9):1337-1340.
21. Hemmerling TM. Robots will perform anesthesia in the near future. *Anesthesiology*. 2020;132:219-220.
22. Hatib F, Jian Z, Buddi S, et al. Machine-learning algorithm to predict hypotension based on high-fidelity arterial pressure waveform analysis. *Anesthesiology*. 2018;129(4):663-674.
23. Kendale S, Kulkarni P, Rosenberg AD, Wang J. Supervised machine-learning predictive analytics for prediction of postinduction hypotension. *Anesthesiology*. 2018;129(4):675-688.
24. Hofer IS, Lee C, Gabel E, Baldi P, Cannesson M. Development and validation of a deep neural network model to predict postoperative mortality, acute kidney injury, and reintubation using a single feature set. *NPJ Digit Med*. 2020;3:58.
25. Komorowski M, Celi LA, Badawi O, Gordon AC, Faisal AA. The artificial intelligence clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care. *Intensive Care Med*. 2018;44(11):1716-1720.
26. Peiffer-Smadja N, Rawson TM, Ahmad R, Buchard A, Georgiou P, et al. Machine learning for clinical decision support in infectious diseases: a narrative review of current applications. *Clin Microbiol Infect*. 2020;26(5):584-595.
27. Garrido MJ, Trocóniz IF. Pharmacokinetic and pharmacodynamic modelling in anaesthesia. In: Gambús PL, Hendrickx JFA, editors. *Personalized anaesthesia: targeting physiological systems for optimal effect*. Cambridge: Cambridge University Press; 2020:14-28.

-
28. Char DS, Shah NH, Magnus D. Implementing machine learning in health care: addressing ethical challenges. *N Engl J Med*. 2018;378(11):981-983.
29. Cai X, Wang X, Zhu Y, et al. Advances in automated anesthesia: a comprehensive review. *Anesthesiol Perioper Sci*. 2025;3:3. doi:10.1007/s44254-024-00085-z.
30. Lonsdale H, Burns ML, Epstein RH, Hofer IS, Tighe PJ, et al. Strengthening discovery and application of artificial intelligence in anesthesiology: a report from the Anesthesia Research Council. *Anesthesiology*. 2025;142(4):599-610.

Sedolam®

Dexmedetomidina Clorhidrato

“Sedoanalgesia
Superior”

FM
FARMEDICAL



SEDOLAM experiencia
de más de 20 años con
éxito a nivel mundial.



SEDOLAM como anestésico pediátrico reduce el
dolor y el consumo de analgésicos en el período
perioperatorio, prolonga notablemente la
duración de la analgesia en las primeras 24 h.



SEDOLAM a diferencia de otros hipnóticos
sedantes ha demostrado reducir efectos
secundarios como los escalofríos y variaciones
hemodinámicas en el postoperatorio.

