

# Inteligencia artificial y sus aplicaciones para la TIVA

Contexto Latinoamérica

1 ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

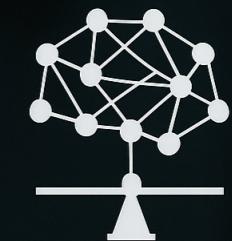
2 ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

3 ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

4 ¿Qué barreras y oportunidades enfrenta Latinoamérica?

5 El anestesiólogo del futuro será humano + digital

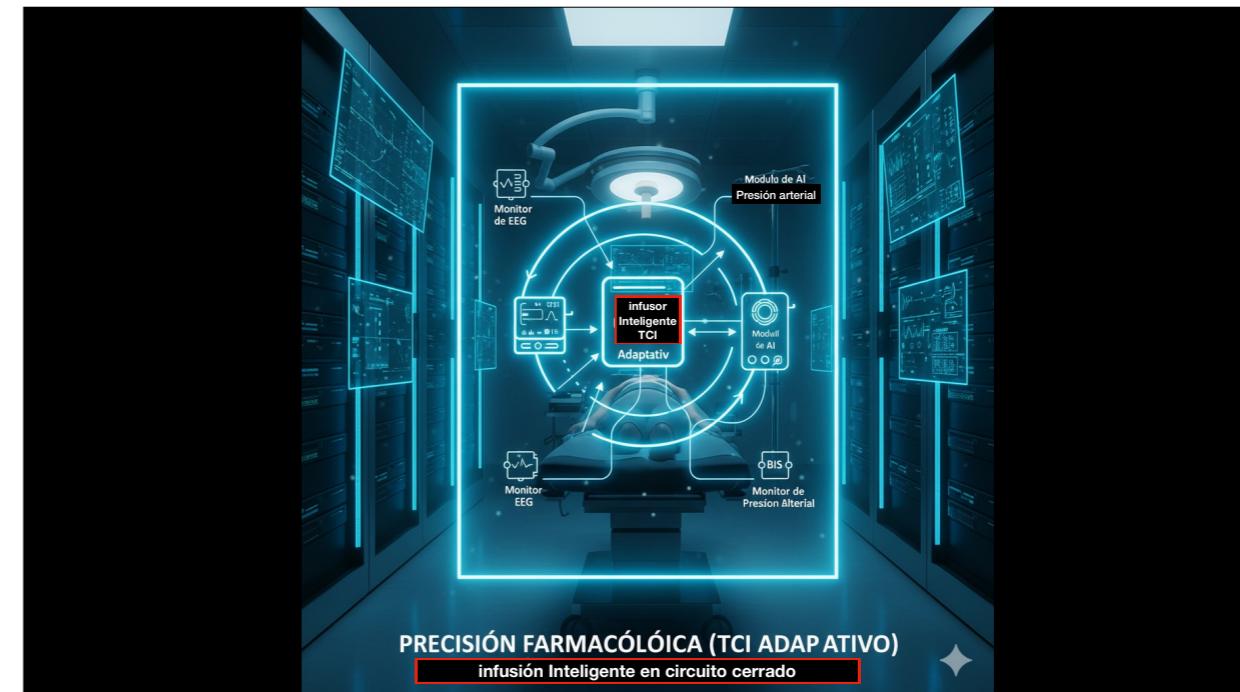
## ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?



1

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

1. Precisión en el control farmacológico.
2. IA como soporte para liberar al anestesiólogo de tareas repetitivas.
3. Adaptando innovación al contexto latinoamericano



## 1.1

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

#### Precisión en el control farmacológico.

##### Modelos TCI tradicionales evolucionan con IA

- Marsh, Schnider y Minto: modelos farmacocinéticos clásicos optimizados hoy mediante aprendizaje automático.
- Eleveld:** modelo universal de propofol basado en más de 25.000 pacientes, adaptable a edad, peso y composición corporal (Eleveld et al., 2018).
- Algoritmos adaptativos ajustan dosis en tiempo real según respuesta fisiológica individual (edad, IMC, ASA, genotipo).



(Eleveld et al., 2018; Abdelhalim et al., 2020; Hashimoto et al., 2020; Martínez-de los Santos et al., 2024)



## 1.1

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

#### Precisión en el control farmacológico.

##### Integración multimodal de variables

- EEG, BIS, PSI, hemodinamia y capnografía procesados simultáneamente.
- Predicción precisa de concentración plasmática y efecto clínico.



(Hashimoto et al., 2020; Bridges et al., 2020; Vicentini et al., 2024)



## 1.1

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

#### Precisión en el control farmacológico.

##### Sistemas de circuito cerrado guiados por IA

- Administración automatizada de propofol y remifentanilo.
- Mayor precisión que administración manual, menor variabilidad.
- Reducción del tiempo de emergencia hasta 18%, menor consumo de hipnóticos.



(Abdelhalim et al., 2020; EuroSIVA, 2025; APSF, 2023).



## 1.2

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

IA como soporte para liberar al anestesiólogo de tareas repetitivas.

*Liberación de carga cognitiva*

- IA automatiza: monitoreo continuo, ajustes micrométricos, documentación.
- Anestesiólogo se enfoca en: gestión de crisis, decisiones estratégicas, integración del contexto clínico.



(Vicentini et al., 2024; EuroSIVA, 2025; Hashimoto et al., 2020)

## 1.2

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

IA como soporte para liberar al anestesiólogo de tareas repetitivas.

*Alertas predictivas tempranas*

- Predicción de hipotensión postinducción hasta 5 minutos antes del evento.
- Detección precoz de depresión respiratoria.
- Reconocimiento de signos de dolor mediante visión por computadora.



(Bridges et al., 2020; Hashimoto et al., 2020; APSF, 2023).



## 1.2

### ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

IA como soporte para liberar al anestesiólogo de tareas repetitivas.

*Responsabilidad compartida*

- IA como copiloto, NO como piloto automático.
- Proporciona recomendaciones basadas en datos.
- El anestesiólogo valida, supervisa y conserva autoridad decisoria final.



(Hashimoto et al., 2020; Frontiers in Medicine, 2025; IHI, 2023; APSF, 2023)



# 1.3

## ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

### Adaptando la innovación al contexto latinoamericano

#### Realidad regional

- 65% de hospitales sin sistemas de información interoperables.
- Escasez de bases de datos locales anotadas aumenta riesgo de sesgo algorítmico.
- Brecha en formación interdisciplinaria (anestesia + ciencia de datos).



(Abdelhalim et al., 2020; Frontiers in Medicine, 2025; APSF, 2023).



# 1.3

## ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

### Adaptando la innovación al contexto latinoamericano

#### Liderazgo emergente

- Chile: investigación en ML aplicado a anestesia predictiva.
- Argentina: EuroSIVA 2025 impulsa TCI avanzado en Sudamérica.
- Colombia: asistentes de voz quirúrgicos con IA.
- México y Brasil: telemedicina y monitoreo automatizado.



(OPS, 2024; García-Zamora et al., 2024; Navarro et al., 2025).



# 1.3

## ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

### Adaptando la innovación al contexto latinoamericano

#### Necesidad de validación local

- Modelos desarrollados en otras poblaciones pueden tener sesgos.
- Diferencias genéticas (polimorfismos CYP), antropométricas y epidemiológicas.



(Gañán et al., 2024; Navarro et al., 2025; OPS, 2024).



# 1.3

## ¿Por qué la TIVA es la plataforma ideal para integrar IA?

### Adaptando la innovación al contexto latinoamericano

#### Estrategias clave

- Desarrollar datasets multicéntricos latinoamericanos.
- Validación prospectiva regional de algoritmos.
- Marcos regulatorios y bioéticos contextualizados.
- Formación de talento híbrido: anestesiólogos + ciencia de datos



(WHO, 2021; OPS, 2024; Scare, 2025).



## ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?



2

## ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

1. Conceptos clave de machine learning y deep learning en lenguaje clínico.
2. Sesgo algorítmico: necesidad de datos propios de la región.
3. Ética como garantía de confiabilidad y seguridad



### MACHINE LEARNING (ML)



Algoritmos simples, datos estructurados, regresión, clasificación

### DEEP LEARNING (DL)



Redes neuronales, múltiples capas  
Datos no estructurados, reconocimiento de patrones

2.1

## ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

Conceptos clave de machine learning y deep learning en lenguaje clínico.

### Machine Learning (ML)

- Modelado no paramétrico que aprende patrones de datos fisiológicos sin hipótesis predeterminadas.
- Predice: hipotensión, profundidad anestésica, estados de conciencia en EEG.
- Más interpretable, requiere menos datos.

[Predicción de eventos adversos, optimización de dosis](#)



(Hashimoto et al., 2020; Vicentini et al., 2024; Bridges et al., 2020).



## 2.1

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

Conceptos clave de machine learning y deep learning en lenguaje clínico.

Deep Learning (DL)

- Redes neuronales profundas que procesan información compleja multimodal.
- Analiza: imágenes ecográficas, expresión facial de dolor, señales integradas.
- Mayor precisión, pero menor transparencia ("caja negra").

Ánalisis automatizado de profundidad anestésica, reconocimiento de patrones complejos



(Frontiers in Medicine, 2025; Cuendet et al., 2016; APSF, 2023).



## 2.2

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

**Sesgo algorítmico: necesidad de datos propios de la región.**

¿Qué es el sesgo algorítmico?

- Discriminación sistemática cuando algoritmos funcionan desigualmente entre grupos de pacientes.
- Perpetúa desigualdades en salud.



(Nature Digital Medicine, 2025; Hashimoto et al., 2020; Gañán et al., 2024).



## 2.2

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

**Sesgo algorítmico: necesidad de datos propios de la región.**

Fuentes de sesgo en anestesia

- Datos de entrenamiento no representativos (modelos europeos/norteamericanos).
- Variabilidad genética: polimorfismos CYP450 en poblaciones mestizas.
- Diferencias antropométricas: IMC, composición corporal.
- Sesgos de retroalimentación: algoritmos que refuerzan errores.



(Frontiers in Medicine, 2025; Gañán et al., 2024; APSF, 2023).

## 2.2

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

**Sesgo algorítmico: necesidad de datos propios de la región.**

*Riesgo clínico*

- Modelos BIS y TCI pueden perder precisión en poblaciones latinoamericanas.
- Compromete seguridad anestésica.



*Soluciones necesarias*

- Desarrollo de datasets multicéntricos latinoamericanos.
- Validación prospectiva local antes de implementación.
- Auditorías periódicas de rendimiento algorítmico.

(WHO, 2021; Gañán et al., 2024; OPS, 2024; *Frontiers in Medicine*, 2025)



**ÉTICA Y TRANSPARENCIA**  
IA RESPONSABLE

## 2.3

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

**Ética como garantía de confiabilidad y seguridad**

1. *Transparencia y explicabilidad*

- Algoritmos deben justificar sus recomendaciones.
- Modelos "caja negra" inadmisibles en decisiones críticas.



2. *Privacidad y protección de datos*

- Encriptación y anonimización de datos perioperatorios.
- Cumplimiento de regulaciones locales.



(WHO, 2021; Gañán et al., 2024; IHI, 2023).

## 2.3

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

**Ética como garantía de confiabilidad y seguridad**

3. *Autonomía médica*

- IA como copiloto, NO como sustituto.
- Responsabilidad médico-legal permanece en el anestesiólogo.
- Capacidad de anular recomendaciones según contexto clínico.



4. *Equidad en el acceso*

- Tecnología no debe profundizar brechas entre centros.
- Implementación escalonada y formación universal.



(OPS, 2024; *Frontiers in Medicine*, 2025; APSF, 2023).

## 2.3

### ¿Qué fundamentos y retos éticos tiene la IA en anestesiología?

Ética como garantía de confiabilidad y seguridad

5. *Validación rigurosa*

- Aprobación regulatoria obligatoria (FDA, ANMAT, ANVISA).
- Monitoreo prospectivo continuo de seguridad.



Ética robusta =  
confianza profesional + seguridad del paciente



(IHI, 2023; Gañán et al., 2024; WHO, 2021; APSF, 2023).

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?



## 3

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

1. Preoperatorio: predicción de riesgos y optimización de recursos.
2. Intraoperatorio: sistemas de asa cerrada y alertas tempranas como “segundo par de ojos”.
3. Postoperatorio: analgesia personalizada para recuperación y bienestar



## 3.1

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

#### Preoperatorio:

##### Modelos predictivos de riesgo perioperatorio

- Algoritmos de ML analizan datos demográficos, comorbilidades y hallazgos de laboratorio para estimar probabilidad de hipotensión, náuseas y otros eventos adversos.
- Predicción personalizada de duración esperada de cirugía y requerimientos hemodinámicos.



(Hashimoto et al., 2020; Vicentini et al., 2024; Bridges et al., 2020).



## 3.1

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

#### Preoperatorio:

##### Optimización de recursos y flujo quirúrgico

- Planificación dinámica de salas, personal y equipos en función de pronóstico individual.
- Priorización de pacientes de alto riesgo para asignación temprana de recursos críticos.



(Vicentini et al., 2024; EuroSIVA, 2025; APSF, 2023).



## 3.1

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

#### Preoperatorio: predicción de riesgos y optimización de recursos.

##### Beneficios clave

- Reducción de complicaciones perioperatorias.
- Mejora en la eficiencia operativa y reducción de costos.



(OPS, 2024; García-Zamora et al., 2024; Navarro et al., 2025).



## 3.2

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

#### Intraoperatorio:

##### *Sistemas de asa cerrada guiados por IA*

- Control automático de propofol y remifentanilo manteniendo objetivos de BIS y hemodinamia.
- Ajustes micrométricos en tiempo real basados en retroalimentación continua de EEG y signos vitales.



(Hashimoto et al., 2020; Bridges et al., 2020; Frontiers in Medicine, 2025).

## 3.2

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

#### Intraoperatorio:

##### *Alertas predictivas y asistente inteligente*

- Detección anticipada de hipotensión, bradicardia o hipoxia hasta 5 min antes del cambio clínico.
- “Segundo par de ojos” que monitorea tendencias y avisa al anestesiólogo de desviaciones sutiles.



(Vicentini et al., 2024; EuroSIVA, 2025; APSF, 2023).

## 3.2

### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

#### Intraoperatorio:

##### *Impacto clínico*

- Mayor seguridad mediante intervención temprana.
- Reducción de carga cognitiva y mejora en la concentración del clínico.



(Abdelhalim et al., 2020; EuroSIVA, 2025; APSF, 2023; Bridges et al., 2020).



### 3.3

#### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

##### Postoperatorio:

###### *Modelos de dosificación de analgesia PCA*

- Algoritmos que ajustan la tasa de infusión de opioides y adyuvantes según dolor reportado y signos vitales.
- Integración de análisis facial y métricas autonómicas para detección objetiva de dolor.



(Frontiers in Medicine, 2025; Abdelhalim et al., 2020; APSF, 2023).



### 3.3

#### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

##### Postoperatorio:

###### *Optimización del alta y seguimiento*

- Predicción de tiempo óptimo de alta de sala de recuperación.
- Alertas de dolor tardío o complicaciones respiratorias para movilización temprana



(OPS, 2024; IHI, 2023; EuroSIVA, 2025).



### 3.3

#### ¿Cómo aplica la IA en cada fase del ciclo TIVA?

##### Postoperatorio:

###### *Resultados esperados*

- Disminución de dolor postoperatorio y consumo total de opioides.
- Mejora en satisfacción del paciente y tiempos de recuperación.



(Hashimoto et al., 2020; Navarro et al., 2025; APSF, 2023).



#### ¿Qué barreras y oportunidades enfrenta Latinoamérica?

# 4

## ¿Qué barreras y oportunidades enfrenta Latinoamérica?

1. Ecosistema limitado: infraestructura, conectividad, registros clínicos.
2. Necesidad de talento híbrido (salud + IA) y colaboración interinstitucional.
3. Urgencia de un marco regulatorio claro y adaptado.



## 4.1

### ¿Qué barreras y oportunidades enfrenta Latinoamérica?

#### Ecosistema limitado: infraestructura, conectividad, registros clínicos.

- Infraestructura hospitalaria desigual y conectividad deficiente en zonas rurales.
- Falta de sistemas electrónicos interoperables para registros perioperatorios.
- Escasa digitalización de datos históricos y baja calidad de anotaciones.
- Resultado: modelos de IA con acceso limitado a datos robustos y actualizados.



(OPS, 2024; WHO, 2021; Navarro et al., 2025).



## 4.2

### ¿Qué barreras y oportunidades enfrenta Latinoamérica?

#### Necesidad de talento híbrido (salud + IA) y colaboración interinstitucional.

- Necesidad de profesionales formados en anestesiología y ciencia de datos.
- Programas académicos y diplomados en IA aplicada a salud insuficientes.
- Colaboración entre hospitales, universidades y la industria tecnológica.
- Creación de consorcios regionales para compartir datasets y mejores prácticas.



(Scare, 2025; Gañán et al., 2024; IHI, 2023).



## 4.3

### ¿Qué barreras y oportunidades enfrenta Latinoamérica?

#### Urgencia de un marco regulatorio claro y adaptado

- Ausencia de guías específicas para aprobación y supervisión de dispositivos IA.
- Normativas actuales no consideran particularidades de algoritmos de aprendizaje continuo.
- Necesidad de estándares de validación local y auditorías periódicas.
- Propuesta: comités regulatorios multilaterales que incluyan sociedades científicas de anestesia.



(OPS, 2024; WHO, 2021; EuroSIVA, 2025).



**1 Fundamentos = precisión y humanización**

**2 Ética = confianza y aplicabilidad**

**3 Aplicaciones = IA como copiloto en TIVA**

**4 Latam = desafío + oportunidad**

**El anestesiólogo del futuro será humano + digital**



**El anestesiólogo del futuro será humano + digital**



## 5

### El anestesiólogo del futuro será humano + digital

- Las soluciones deben ser diseñadas para nuestra población y sistema de salud.
- La IA no nos aleja del paciente; nos acerca a su fisiología, nos devuelve tiempo para mirar, escuchar y cuidar.



# 5

## El anestesiólogo del futuro será humano + digital

- La inteligencia sin sensibilidad es cálculo, y la sensibilidad sin inteligencia es riesgo.
- El equilibrio entre ambas define el nuevo paradigma anestésico.



# 5

## El anestesiólogo del futuro será humano + digital

- La IA no sustituye al anestesiólogo , potencia nuestra tarea.

### Pregunta

“¿Estamos listos para abrazar el futuro donde la precisión de la IA se une al juicio clínico humano?”



“El anestesiólogo del futuro no será reemplazado por IA, sino por otro anestesiólogo que sepa usarla.”

Muchas Gracias

**TIVA EN ACCIÓN**  
Aprende + Aplica + Lidera

Congreso Cundi 2025

Dr. Enrique Carlos Angarita Navarro  
Anestesiólogo – [iamedica.org](http://iamedica.org)

[contacto@iamedica.org](mailto:contacto@iamedica.org)

<https://iamedica.org>

<https://youtube.com/@iamedicatv>

