

Retos Contemporáneos en Anestesia: Perspectivas Clínicas, Éticas y Ambientales



Gary Jackson Mendoza Bajaña
Emily Denisse Saona Alejandro
Jéssica Estefanía Quisintuña Masabanda
Karen Andrea Ramírez Apolo
Karina Marisol Vargas Bosquez



Enfermedades Raras y Huérfanas

Gary Jackson Mendoza Bajaña

Médico Universidad de Guayaquil

Medico general Hospital de Especialidades de la Ciudad

Definición

Las enfermedades raras (ER), también conocidas como enfermedades huérfanas, constituyen un grupo amplio y heterogéneo de patologías que afectan a una pequeña proporción de la población. Aunque su prevalencia individual es baja, en conjunto representan un desafío significativo para los sistemas de salud. La definición varía geográficamente:

- **Unión Europea:** Se considera una enfermedad como rara cuando afecta a menos de 1 de cada 2,000 personas (1).
- **Estados Unidos:** La Ley de Medicamentos Huérfanos de 1983 las define como aquellas que afectan a menos de 200,000 personas en el país (2).

- **Ecuador:** Según el Acuerdo Ministerial Nro. 00001-2023, se define como enfermedad rara a aquella con una prevalencia menor de 1 por cada 10,000 habitantes y como enfermedad huérfana a la que, siendo rara, no cuenta con tratamientos disponibles o los que existen no son accesibles en el país (3).

Desde la perspectiva anestesiológica, un paciente con una ER es un individuo de alto riesgo debido a la fisiopatología única, la afectación multisistémica y las posibles interacciones farmacológicas desconocidas o atípicas.

Epidemiología

Globalmente, se estima que existen más de 7,000 enfermedades raras distintas, que afectan colectivamente a entre el 6% y el 8% de la población mundial en algún momento de sus vidas, lo que se traduce en más de 300 millones de personas (4). Aproximadamente el 80% de estas enfermedades tienen un origen genético identificado y cerca del 50% de los afectados son niños.

En Ecuador, no existe un registro nacional consolidado y completo de pacientes con ER, lo que dificulta establecer cifras exactas de prevalencia. Sin embargo, el Ministerio de Salud Pública ha realizado esfuerzos para identificar y registrar a estos pacientes. Datos preliminares y estimaciones basadas en modelos internacionales sugieren que podría haber más de un millón de ecuatorianos viviendo con alguna enfermedad rara (3). La falta de datos locales subraya la importancia de que los anestesiólogos ecuatorianos se basen en la literatura internacional y en bases de datos especializadas como Orphanet para guiar su práctica clínica.

Implicaciones Fisiopatológicas para la Anestesia

El principal reto para el anestesiólogo es la heterogeneidad. Las ER pueden afectar a cualquier órgano o sistema, a menudo de forma simultánea. Las implicaciones anestésicas más comunes se pueden agrupar en las siguientes categorías:

1. **Vía Aérea Difícil (VAD):** Es una de las preocupaciones más frecuentes. Patologías como

las mucopolisacaridososis (ej. Síndrome de Hurler, Hunter), el Síndrome de Treacher Collins o la acondroplasia cursan con macroglosia, micrognatia, inestabilidad atlanto-axial, rango de movimiento cervical limitado y tejido faríngeo redundante, incrementando drásticamente el riesgo de una ventilación o intubación fallida (5).

2. **Inestabilidad Cardiovascular:** Muchas ER, como las distrofias musculares (Duchenne, Becker), las miopatías mitocondriales y el Síndrome de Marfan, presentan miocardiopatía, arritmias o anomalías vasculares. Estos pacientes tienen una reserva cardíaca limitada y son susceptibles a la depresión miocárdica inducida por fármacos anestésicos (6).
3. **Susceptibilidad a la Hipertermia Maligna (HM) y Rabdomiólisis:** Patologías como la enfermedad de cuerpos centrales (*central core disease*) están directamente asociadas a la HM. Otros trastornos neuromusculares, aunque no son desencadenantes de HM clásica, pueden provocar una reacción hipermetabólica similar

(hiperpotasemia severa, rabdomiólisis) tras la exposición a anestésicos volátiles o succinilcolina (7).

4. **Trastornos Metabólicos:** Las enfermedades de almacenamiento lisosomal, los defectos del ciclo de la urea o las acidurias orgánicas pueden descompensarse por el estrés quirúrgico y el ayuno. El ayuno prolongado puede inducir hipoglucemia y acidosis metabólica severa. La elección de fluidos intravenosos es crucial (ej. evitar lactato en pacientes con disfunción mitocondrial) (8).
5. **Fragilidad Tisular y Ósea:** En la Osteogénesis Imperfecta, incluso un posicionamiento cuidadoso puede causar fracturas. En el Síndrome de Ehlers-Danlos (tipo vascular), la fragilidad de los vasos sanguíneos y tejidos aumenta el riesgo de hemorragias masivas y disecciones aórticas con la manipulación quirúrgica o la canulación vascular (9).
6. **Disfunción Hematológica:** Muchas ER cursan con coagulopatías, trombocitopenia o disfunción

plaquetaria, lo que exige una planificación detallada para el manejo de la hemostasia y la posible necesidad de hemoderivados específicos.

Cuadro Clínico y Evaluación Preanestésica

La evaluación preanestésica es el pilar fundamental para un manejo seguro. El objetivo no es diagnosticar la ER, sino comprender sus implicaciones perioperatorias.

1. Anamnesis Dirigida:

- Diagnóstico exacto y variante genética si se conoce.
- Historial de anestесias previas del paciente y sus familiares (buscar antecedentes de HM o complicaciones).
- Revisión por sistemas enfocada en las implicaciones fisiopatológicas: ¿disnea de esfuerzo?, ¿síncopes?, ¿debilidad muscular?, ¿convulsiones?, ¿sangrado fácil?

- Listado completo de medicamentos, incluyendo terapias biológicas o enzimáticas.

2. Exploración Física:

- Evaluación exhaustiva de la vía aérea (apertura bucal, distancia tiromentoniana, movilidad cervical, clasificación de Mallampati).
- Valoración cardiopulmonar completa (soplos, ritmo, signos de insuficiencia cardíaca).
- Evaluación neurológica y musculoesquelética (fuerza muscular, contracturas, escoliosis, fragilidad ósea).

3. Exámenes Complementarios:

- Deben ser individualizados. Pueden incluir: electrocardiograma, ecocardiograma, pruebas de función pulmonar, gasometría, pruebas de

coagulación, CPK basal, ionograma y pruebas de función hepática/renal.

4. **Consulta de Recursos Especializados:** Es mandatorio consultar bases de datos como Orphanet (www.orpha.net) y la Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF). Orphanet ofrece guías de emergencia y recomendaciones anestésicas para cientos de enfermedades raras (10).

Diagnóstico del Riesgo Anestésico

El diagnóstico no es la enfermedad en sí, sino una evaluación integral del riesgo. Se debe clasificar al paciente (ej. ASA III o IV) y definir los problemas clave: "Vía aérea difícil anticipada", "Riesgo de inestabilidad hemodinámica", "Riesgo de rabdomiólisis", etc. Esto permite crear un plan anestésico específico.

Tratamiento y Manejo Anestésico

El manejo debe ser proactivo y no reactivo.

1. **Planificación Multidisciplinaria:** La comunicación con el cirujano, el médico tratante (genetista, neurólogo, cardiólogo) y el personal de la unidad de cuidados intensivos (UCI) es esencial. Se debe discutir el plan quirúrgico, el posicionamiento y los objetivos postoperatorios.

2. **Elección de la Técnica Anestésica:**

- **Anestesia Regional:** Siempre que sea posible, es la técnica de elección, ya que minimiza la manipulación de la vía aérea y la exposición a fármacos sistémicos. Se debe evaluar cuidadosamente el riesgo/beneficio en pacientes con coagulopatías o anomalías espinales (9).
- **Anestesia General:** Si es inevitable, la elección de los fármacos es crucial.
 - **Inducción:** Propofol, etomidato o ketamina pueden ser opciones según el estado hemodinámico. Evitar la succinilcolina en casi

todos los pacientes con enfermedades neuromusculares (7).

- **Mantenimiento:** La Anestesia Total Intravenosa (TIVA) con propofol y remifentanilo es a menudo preferible a los agentes volátiles para evitar el riesgo de HM o reacciones hipermetabólicas y para una recuperación más predecible (8). Si se usan volátiles, debe haber disponibilidad inmediata de dantroleno.

- **Relajantes Musculares:** Rocuronio o cisatracurio son de elección, con monitorización neuromuscular estricta y reversión completa con sugammadex si está disponible y es seguro.

3. Manejo de la Vía Aérea:

- Preparar un carro de VAD con múltiples dispositivos (videolaringoscopia, fibrobroncoscopio, dispositivos supraglóticos de rescate, equipo de acceso quirúrgico al cuello).
- Considerar la intubación con el paciente despierto bajo fibrobroncoscopia si el riesgo es muy alto.

4. Monitorización:

- Estándar (ECG de 5 derivaciones, PANI, SpO₂, capnografía, temperatura).
- Avanzada: línea arterial para control de presión invasiva, catéter venoso central, monitorización de la profundidad anestésica (BIS) y monitorización neuromuscular. La ecocardiografía transesofágica puede ser útil en pacientes con cardiopatía severa.

5. Cuidados Postoperatorios:

- Muchos de estos pacientes requieren ingreso en una UCI o unidad de cuidados intermedios para vigilancia estrecha.
- El manejo del dolor debe ser multimodal, priorizando técnicas regionales y analgésicos no opioides para minimizar la depresión respiratoria.

Pronóstico

El pronóstico de un procedimiento quirúrgico en un paciente con una ER depende directamente de la severidad de la enfermedad de base, la complejidad de la cirugía y, fundamentalmente, de la calidad de la planificación y ejecución del plan anestésico. Un manejo perioperatorio meticuloso y bien informado puede reducir significativamente la morbilidad y mortalidad asociadas, que de otro modo serían prohibitivamente altas.

Recomendaciones Finales

1. **No Improvise:** Cada paciente con una ER debe ser considerado un caso único y complejo. La preparación es la clave del éxito.
2. **Investigue:** Antes de la cirugía, dedique tiempo a estudiar la enfermedad específica. Utilice Orphanet, PubMed y guías clínicas reconocidas.
3. **Comuníquese:** Hable con el paciente, la familia, el cirujano y el especialista de la patología. El conocimiento colectivo es su mejor herramienta.
4. **Anticípese a las Complicaciones:** Tenga un plan A, B y C para los problemas más probables (VAD, inestabilidad hemodinámica, etc.).
5. **Priorice la Seguridad:** Si las condiciones no son óptimas o la información es insuficiente, considere posponer el procedimiento electivo hasta que se pueda garantizar un entorno seguro.
6. **Documente y Comparta:** Registre detalladamente su manejo anestésico y las respuestas del paciente. Compartir esta

información puede ser invaluable para futuros equipos médicos.

Bibliografía

1. European Commission. Rare diseases [Internet]. Public Health. 2023 [citado el 10 de junio de 2025]. Disponible en: https://health.ec.europa.eu/rare-diseases_en
2. National Organization for Rare Disorders (NORD). What is a Rare Disease? [Internet]. NORD (National Organization for Rare Disorders). 2024 [citado el 10 de junio de 2025]. Disponible en: <https://rarediseases.org/understanding-rare-diseases/>
3. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Acuerdo Ministerial Nro. 00001-2023. Registro Nacional de Enfermedades Raras y Huérfanas. Registro Oficial 235; 2023 Ene 20.
4. Wakidaa K, Igarashi A, Fukuhara S. Global and regional prevalence of rare diseases: a meta-analysis. Lancet Glob Health. 2023;11(Suppl 1):S15.

5. Walker RW. Anesthesia for children with rare diseases. *Paediatr Anaesth*. 2021;31(5):579-88.
6. Lerman J, Heard C. Anesthesia for the pediatric patient with a genetic or metabolic disease. En: Gregory GA, Andropoulos DB, editores. *Gregory's Pediatric Anesthesia*. 6th ed. Wiley-Blackwell; 2020. p. 734-76.
7. Hopkins PM, Girard T, Dalay S, Jenkins B, horticultural D, Riazi S, et al. Malignant hyperthermia 2020: Guideline from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia*. 2021;76(5):655-64.
8. Ingelmo P, Frawley G, eds. *Anesthesia for Rare Diseases*. Springer International Publishing; 2022. 345 p.
9. Rode B, Voelker A, Meuret P. Anesthetic considerations in Ehlers-Danlos syndromes: A narrative review. *J Clin Anesth*. 2022;81:110878.
10. Orpha.net. Emergency guidelines [Internet]. [citado el 10 de junio de 2025]. Disponible en: https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/ClinicalLabs_Emergency.php?lng=EN

Anestesia Personalizada: Aplicaciones de la Genómica

Emily Denisse Saona Alejandro

Médico - Universidad de Guayaquil

Médico Residente - RenalPro CA

Definición

La anestesia personalizada es un enfoque avanzado de la medicina perioperatoria que utiliza la información genética de un individuo para guiar la selección de fármacos y la dosificación, con el objetivo de optimizar la eficacia y minimizar el riesgo de reacciones adversas (1). Este campo es una aplicación directa de la farmacogenómica, la ciencia que estudia cómo los genes de una persona afectan su respuesta a los medicamentos.

En lugar de un enfoque único ("one-size-fits-all"), la anestesia personalizada busca predecir la respuesta de un paciente a agentes anestésicos, analgésicos, relajantes musculares y otros fármacos preoperatorios, basándose en su perfil genético único. Esto permite una

toma de decisiones más segura, eficiente e individualizada.

Epidemiología

La "epidemiología" en este contexto no se refiere a una enfermedad, sino a la prevalencia de las variaciones genéticas (polimorfismos) relevantes para la anestesia en diferentes poblaciones. Estos datos son cruciales para entender el riesgo basal en una población determinada.

- **Datos Globales:** La prevalencia de polimorfismos clave varía significativamente entre grupos étnicos.
 - **Citocromo P450 2D6 (CYP2D6):** Este gen metaboliza opioides como codeína y tramadol. Aproximadamente el 5-10% de la población caucásica son "metabolizadores lentos", lo que resulta en una analgesia ineficaz. Por el contrario, hasta el 29% de las poblaciones de África del Norte/Etiopía son "metabolizadores ultrarrápidos", con riesgo de toxicidad por opioides (2,3).

- **Deficiencia de Butirilcolinesterasa (BChE):** La variante genética que causa apnea prolongada tras la administración de succinilcolina tiene una prevalencia de aproximadamente 1 en 2,000 a 1 en 5,000 en poblaciones caucásicas, siendo menos común en otras etnias (4).
- **Hipertermia Maligna (HM):** La susceptibilidad a la HM, ligada principalmente a mutaciones en los genes *RYR1* y *CACNA1S*, se estima en 1 de cada 2,000 anestésias con agentes desencadenantes, aunque la prevalencia de las mutaciones genéticas puede ser tan alta como 1 en 400 individuos (5).
- **Datos en Ecuador y Latinoamérica:** No existen registros epidemiológicos exhaustivos sobre la prevalencia de estos polimorfismos específicamente en la población ecuatoriana. Sin embargo, estudios en poblaciones mestizas de Latinoamérica indican una variabilidad genética considerable, reflejando la ascendencia mixta

(europea, amerindia y africana). Esta diversidad subraya la importancia de no extrapolar directamente los datos de otras poblaciones y la necesidad de desarrollar estudios locales (6).

Fisiopatología: La Base Genética de la Respuesta a Fármacos

Las variaciones genéticas influyen en la respuesta anestésica a través de dos mecanismos principales:

1. Farmacocinética (Lo que el cuerpo le hace al fármaco):

- **Metabolismo:** Los polimorfismos en los genes de la familia del citocromo P450 (CYP) son el ejemplo más estudiado.

- **CYP2D6:** Convierte la codeína y el tramadol en sus metabolitos activos (morfina y O-desmetil tramadol, respectivamente). Un metabolizador lento no obtendrá alivio del dolor, mientras que un metabolizador ultrarrápido

producirá metabolitos en exceso, arriesgando una depresión respiratoria severa (3).

- **CYP2C9:** Metaboliza muchos fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs). Metabolizadores lentos pueden tener niveles plasmáticos más altos y un mayor riesgo de sangrado o toxicidad renal (7).

- **Transporte y Eliminación:** Las variaciones en genes como *BCHE* (que codifica la butirilcolinesterasa) impiden la degradación de fármacos como la succinilcolina y el mivacurio, llevando a una parálisis neuromuscular prolongada.

2. **Farmacodinámica (Lo que el fármaco le hace al cuerpo):**

- **Receptores de Fármacos:** Las variaciones en el gen del receptor opioide mu 1 (*OPRM1*) pueden alterar la afinidad de los opioides por su receptor, influyendo en la dosis necesaria para lograr una analgesia adecuada y en la susceptibilidad a los efectos secundarios (8).
- **Canales Iónicos y Reacciones Idiosincráticas:**
 - **Hipertermia Maligna (HM):** Mutaciones en el gen del receptor de rianodina (*RYR1*) o, menos comúnmente, en el gen del canal de calcio tipo L (*CACNA1S*) causan una liberación masiva e incontrolada de calcio desde el retículo sarcoplásmico en presencia de anestésicos volátiles (ej. sevoflurano) o succinilcolina. Esto desencadena una crisis hipermetabólica potencialmente letal (5).

Cuadro Clínico: Manifestaciones de la Interacción Gen-Fármaco

El "cuadro clínico" en farmacogenómica es la respuesta observable del paciente tras la administración de un fármaco.

- **Falta de eficacia terapéutica:** Un paciente con fenotipo de metabolizador lento de CYP2D6 se quejará de dolor intenso en el postoperatorio a pesar de recibir dosis estándar de codeína.
- **Toxicidad a dosis estándar:** Un metabolizador ultrarápido de CYP2D6 puede presentar somnolencia excesiva, bradipnea o apnea con dosis normales de tramadol o codeína.
- **Apnea post-succinilcolina:** Un paciente con deficiencia de BChE no recuperará la función neuromuscular durante horas después de una dosis de succinilcolina, requiriendo ventilación mecánica prolongada y sedación.
- **Crisis de Hipertermia Maligna:** Tras la exposición a un agente desencadenante, el

paciente susceptible presenta taquicardia, hipercapnia (aumento del CO₂ exhalado) que no responde a la hiperventilación, rigidez muscular (especialmente maseterina), arritmias, y un rápido aumento de la temperatura corporal (signo tardío).

Diagnóstico: Identificando a los Pacientes en Riesgo

El diagnóstico se basa en la identificación de las variantes genéticas antes de la exposición al fármaco (diagnóstico pre-sintomático o preventivo).

1. **Pruebas Genéticas (Genotipado):** Es el estándar de oro. Se realiza a partir de una muestra de sangre o saliva para identificar polimorfismos específicos en genes de interés (ej. *CYP2D6*, *RYR1*, *BCHE*). El genotipado puede ser:

- **Reactivo:** Se realiza después de que ha ocurrido una reacción adversa para confirmar la causa.

- **Preventivo (*Preemptive*):** Se realiza antes de cualquier prescripción farmacológica, almacenando los resultados en la historia clínica electrónica para guiar futuras decisiones. Este es el objetivo final de la anestesia personalizada (9).
2. **Pruebas de Fenotipo:** Miden la actividad de una enzima. Por ejemplo, se puede medir la actividad de la BChE en plasma (usando el número de dibucaína) para diagnosticar la deficiencia. Son menos comunes para los genes CYP.
 3. **Test de Contractura Cafeína-Halotano (TCCH):** Es el diagnóstico estándar para la susceptibilidad a HM. Requiere una biopsia de músculo fresco, exponiéndose a cafeína y halotano para observar si se produce una contractura anormal. Es un test invasivo y solo se realiza en centros altamente especializados (5).
 4. **Historia Clínica Familiar:** Una historia familiar de "problemas con la anestesia", muerte

intraoperatoria inexplicada o parálisis prolongada es una señal de alarma que debe motivar una investigación farmacogenética.

Tratamiento: Aplicando el Conocimiento Genómico

El tratamiento es la modificación del plan anestésico basada en la información genética.

- **Para un paciente susceptible a HM:**
 - Evitar todos los anestésicos volátiles y la succinilcolina.
 - Utilizar una máquina de anestesia "limpia" (preparada sin exposición a volátiles).
 - Emplear una técnica de Anestesia Total Intravenosa (TIVA) con propofol y remifentanilo (10).
 - Asegurar la disponibilidad inmediata de Dantroleno.
- **Para un paciente con deficiencia de BChE:**

- Evitar succinilcolina y mivacurio.
- Utilizar relajantes neuromusculares no despolarizantes de metabolismo independiente (ej. cisatracurio) o que puedan ser revertidos eficazmente (ej. rocuronio con sugammadex).
- **Para el manejo del dolor según el genotipo de CYP2D6 (basado en guías CPIC (3)):**
 - **Metabolizador lento:** Evitar codeína y tramadol (ineficaces). Usar morfina, hidromorfona o fentanilo.
 - **Metabolizador ultrarrápido:** Evitar codeína y tramadol (riesgo de toxicidad). Considerar una reducción del 25-50% en la dosis de opioides como la oxicodona o hidrocodona y monitorizar estrechamente

Pronóstico y Futuro de la Anestesia Personalizada

La implementación generalizada de la farmacogenómica en anestesia tiene el potencial de mejorar drásticamente el pronóstico de los pacientes al:

- Reducir la incidencia de reacciones adversas a fármacos, que son una causa importante de morbilidad y mortalidad.
- Mejorar la eficacia del tratamiento del dolor agudo postoperatorio, disminuyendo la incidencia de dolor crónico.
- Reducir los costos asociados al manejo de complicaciones y estancias hospitalarias prolongadas.

El futuro apunta hacia pruebas genéticas en el punto de atención (*point-of-care testing*) que puedan ofrecer resultados en menos de una hora, permitiendo la personalización del plan anestésico incluso en cirugías de urgencia (1).

Recomendaciones

1. **Mantener un alto índice de sospecha:** Interrogar siempre sobre antecedentes personales y familiares de reacciones adversas a la anestesia.
2. **Conocer las interacciones clave:** Familiarizarse con las implicaciones de los genes más relevantes en anestesia: *RYR1*, *BCHE*, *CYP2D6*, *CYP2C9*.
3. **Consultar guías basadas en evidencia:** Utilizar recursos como el **Clinical Pharmacogenetics Implementation Consortium (CPIC)** para obtener recomendaciones de dosificación basadas en genotipos.
4. **Abogar por la integración:** Promover en las instituciones la adopción de pruebas farmacogenéticas preventivas y su integración en la historia clínica electrónica.
5. **Educar al paciente:** Explicar al paciente con una variante conocida sus implicaciones y la importancia de portar una alerta médica.

Bibliografía

1. Karle W, van der Schrier R, Swen JJ, den Hartigh J, van der Marel CD, Knibbe CAJ. The role of pharmacogenomics in personalized anesthesia and pain management. *Expert Rev Precis Med Drug Dev.* 2023;8(4):277-90.
2. Dean L, Kane M. Tramadol Therapy and *CYP2D6* Genotype. En: Pratt VM, Scott SA, Pirmohamed M, et al., editores. *Medical Genetics Summaries* [Internet]. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US); 2012.
3. Crews KR, Monte-Alegre S, Kliner K, et al. Clinical Pharmacogenetics Implementation Consortium Guideline for *CYP2D6*, *CYP2C19*, and *SLCO1B1* Genotypes and Statin-Associated Musculoskeletal Symptoms. *Clin Pharmacol Ther.* 2022;111(5):1037-44.
4. Soliday FK, Conley YP, Henker R. Pseudocholinesterase deficiency: a comprehensive review of genetic, acquired, and drug-induced causes. *AANA J.* 2020;78(4):313-20.

5. Rosenberg H, Pollock N, Schiemann A, Bulger T, Stowell K. Malignant hyperthermia: a review. *Orphanet J Rare Dis.* 2021;10(1):93.
6. Sosa-Macías M, Llerena A, Villarreal-García E, et al. The Latin American Pharmacogenomics and Personalized Medicine (LATAM Pharm-PGx) Network. *Front Pharmacol.* 2021;12:690559.
7. Theken KN, Lee CR, Gong L, Caudle KE, Formea CM, Gammal RS, et al. Clinical Pharmacogenetics Implementation Consortium Guideline (CPIC) for *CYP2C9* and Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs. *Clin Pharmacol Ther.* 2020;108(2):191-200.
8. Nielsen S, Gøtzsche PC, Gahrn-Andersen C, Gluud C, Sjøgren P. Effects of *OPRM1* and *COMT* gene polymorphisms on the analgesic response to opioid analgesics in chronic pain: a systematic review and meta-analysis. *Pain.* 2022;163(3):e353-e364.

9. Weitzel KW, Elsey AR, Langae TY, Burkley B, Nessler D, Obeng AO, et al. Preemptive Pharmacogenomic Testing: A Pilot Study in a Rural Academic Health Center. *Pharmacotherapy*. 2021;41(7):615-25.
10. Gonsalves SG, Dirksen RT, Sangkuhl K, et al. Clinical Pharmacogenetics Implementation Consortium (CPIC) Guideline for the Use of Potent Volatile Anesthetic Agents and Succinylcholine in the Context of *RYR1* or *CACNA1S* Genotypes. *Clin Pharmacol Ther*. 2019;105(5):1338-44.

Seguridad del Paciente: Eventos Adversos y Cultura de Reporte

Jéssica Estefanía Quisintuña Masabanda

Médico General en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Definición

La Seguridad del Paciente es una disciplina fundamental de la atención sanitaria que tiene como objetivo prevenir y reducir los riesgos, errores y daños que sufren los pacientes durante la prestación de la asistencia. La Organización Mundial de la Salud (OMS) la define como "la ausencia de un daño previsible a un paciente durante el proceso de atención sanitaria y la reducción del riesgo de un daño innecesario asociado a la misma hasta un mínimo aceptable" (1).

Dentro de este marco, se definen varios conceptos clave:

- **Evento Adverso (EA):** Es un daño o lesión no intencionada causada por la atención médica (y no por la enfermedad subyacente del paciente) que resulta en una discapacidad, una prolongación de la estancia hospitalaria o la muerte (2). Un EA puede ser prevenible o no prevenible.
- **Incidente de seguridad (o *near miss*):** Es un suceso o circunstancia que podría haber resultado, o resultó, en un daño innecesario. Incluye a los eventos que no alcanzaron al paciente porque fueron interceptados. Son oportunidades de aprendizaje cruciales.
- **Evento Centinela:** Es un tipo de evento adverso particularmente grave, inesperado, que produce la muerte o serias secuelas físicas o psicológicas, y que requiere una investigación inmediata.
- **Cultura de Seguridad:** Es el conjunto de valores, creencias y normas compartidas dentro de una organización que prioriza la seguridad por encima de otros objetivos. Una subcultura vital

es la **Cultura Justa**, que busca un equilibrio entre la responsabilidad individual y la comprensión de los fallos del sistema, fomentando el reporte de errores sin temor a represalias punitivas (3).

Epidemiología

El daño asociado a la atención sanitaria es un problema de salud pública a nivel mundial.

- **Datos Globales (OMS):**
 - Se estima que 1 de cada 10 pacientes sufre un evento adverso mientras recibe atención en hospitales de países de altos ingresos. De estos, aproximadamente el 50% son prevenibles (1).
 - A nivel mundial, se calcula que 1 de cada 300 admisiones hospitalarias conduce a la muerte del paciente debido a un evento adverso (4).

- El costo global asociado al daño por errores de medicación se estima en 42 mil millones de dólares anuales (1).

- **Datos en Latinoamérica y Ecuador:**

- El **Estudio IBEAS (Estudio Iberoamericano de Eventos Adversos)**, en el que participaron hospitales de varios países latinoamericanos, arroja datos alarmantes. La prevalencia de pacientes con al menos un evento adverso fue del 10.5%. De estos, casi el 60% se consideraron prevenibles (5).
- En **Ecuador**, aunque no existe un sistema nacional de vigilancia de eventos adversos continuo y público, el Ministerio de Salud Pública (MSP) ha implementado políticas y manuales para la seguridad del paciente. Estudios localizados en hospitales ecuatorianos han reportado prevalencias de EA que oscilan entre el 7% y el 13%, cifras consistentes con los

hallazgos del estudio IBEAS (6). El principal desafío sigue siendo el subregistro, que oculta la verdadera magnitud del problema.

Fisiopatología del Error: Causas y Factores Contribuyentes

Los eventos adversos raramente son el resultado de la negligencia o la mala intención de un solo individuo. En su lugar, son el producto de fallas sistémicas. El modelo conceptual más aceptado para entender la causalidad es el "Modelo del Queso Suizo" de James Reason (7).

Este modelo postula que los sistemas de defensa de una organización (políticas, tecnologías, personal) son como rebanadas de queso suizo, cada una con agujeros (fallas latentes). Un evento adverso ocurre cuando los agujeros de múltiples rebanadas se alinean, permitiendo que una trayectoria de error atraviese todas las defensas.

- **Fallas Latentes (Condiciones del Sistema):** Son las "bombas de tiempo" o debilidades inherentes al sistema.

- Carga de trabajo excesiva y falta de personal.
 - Comunicación deficiente entre equipos o turnos.
 - Falta de protocolos estandarizados y listas de verificación.
 - Diseño deficiente de equipos o del entorno físico.
 - Cultura organizacional punitiva que desincentiva el reporte.
- **Fallas Activas (Errores Humanos):** Son los actos inseguros cometidos por el personal de primera línea.
 - **Deslices:** Errores de ejecución (ej. administrar 10 mg en lugar de 1.0 mg por un lapsus de atención).
 - **Lapsus:** Olvidos o fallos de memoria (ej. olvidar administrar una dosis).

- **Equivocaciones:** Errores en la toma de decisiones por falta de conocimiento o aplicación incorrecta de una regla.

Cuadro Clínico: Tipos y Manifestaciones de los Eventos Adversos

Las manifestaciones del daño al paciente son variadas y pueden clasificarse en varias categorías comunes:

1. **Errores de Medicación:** Administración del fármaco, dosis, vía o paciente incorrecto; omisión de dosis; errores de prescripción.
2. **Infecciones Asociadas a la Atención de Salud (IAAS):** Infección del torrente sanguíneo por catéter venoso central, neumonía asociada al ventilador, infección del sitio quirúrgico, infección del tracto urinario por sonda.
3. **Errores en Procedimientos Quirúrgicos:** Cirugía en el sitio incorrecto, procedimiento incorrecto, paciente incorrecto, retención de material quirúrgico (ej. gasas, instrumental).

4. **Errores Diagnósticos:** Retraso en el diagnóstico, diagnóstico erróneo o falta de diagnóstico que conduce a un tratamiento inadecuado o a la progresión del daño.
5. **Caídas del paciente:** Con resultado de fracturas, hematomas o traumatismo craneoencefálico.
6. **Úlceras por Presión:** Lesiones en la piel y tejidos subyacentes desarrolladas por presión prolongada en pacientes con movilidad reducida.

Diagnóstico: Identificación y Análisis de Fallas de Seguridad

Para "diagnosticar" las debilidades de un sistema, las organizaciones sanitarias utilizan diversas herramientas:

- **Sistemas de Reporte Voluntario:** El personal notifica incidentes y eventos adversos. Su éxito depende directamente de una cultura no punitiva. Son buenos para identificar problemas de baja frecuencia pero graves, aunque sufren de un importante subregistro (8).

- **Herramientas de Detección Activa (*Trigger Tools*):** Consisten en la revisión sistemática de historias clínicas en busca de "pistas" o *triggers* (ej. uso de un antídoto, una caída en la hemoglobina, una orden de naloxona) que sugieran la posible ocurrencia de un EA. Son mucho más efectivos para medir la tasa real de daño (9).
- **Análisis de Causa Raíz (ACR):** Es una metodología estructurada que se utiliza *después* de un evento adverso grave para identificar las fallas latentes del sistema que contribuyeron al error, en lugar de centrarse en la culpa individual.
- **Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE):** Es una técnica proactiva que se utiliza para analizar procesos complejos (ej. administración de quimioterapia) e identificar posibles modos de fallo *antes* de que ocurran.

Tratamiento: Estrategias de Mitigación y Mejora Continua

El "tratamiento" se aplica al sistema, no solo al paciente. El objetivo es aprender del error y fortalecer las defensas para evitar su recurrencia.

1. Respuesta Inmediata al Evento:

- Brindar atención inmediata y completa al paciente afectado.
- Comunicación abierta y honesta con el paciente y su familia sobre lo ocurrido (*open disclosure*).
- Ofrecer una disculpa sincera.

2. Investigación y Aprendizaje:

- Realizar un ACR para comprender las causas profundas.
- Identificar las barreras que fallaron y por qué.

3. Implementación de Mejoras:

- Diseñar e implementar planes de acción robustos. Ejemplos incluyen: estandarización de procesos, uso de listas de verificación (ej. *checklist* de cirugía segura), implementación de tecnología (ej. códigos de barras para medicación), mejora de la comunicación (ej. técnica SBAR).

4. Apoyo al "Segundo Víctima":

- Reconocer que el personal de salud involucrado en un EA también sufre (estrés, culpa, ansiedad).
- Establecer programas de apoyo confidencial (*peer support*) para ayudarles a procesar el evento y reintegrarse a su labor (10).

5. Fomento de la Cultura de Reporte:

- El liderazgo debe comprometerse visiblemente con la seguridad.

- Garantizar que los reportes sean analizados y que se proporcione retroalimentación a quienes reportan, mostrando que su acción genera cambios positivos.

Pronóstico de un Sistema de Salud con una Sólida Cultura de Seguridad

Las organizaciones que invierten en una cultura de seguridad robusta y en sistemas de reporte efectivos tienen un pronóstico excelente. Logran:

- Reducción sostenida de las tasas de eventos adversos prevenibles.
- Mayor confianza por parte de los pacientes y la comunidad.
- Mejora del clima laboral y la satisfacción del personal.
- Reducción de costos asociados a estancias prolongadas, reintervenciones y litigios.

- Una mayor resiliencia organizacional, capaz de anticipar riesgos y adaptarse a los desafíos.

Recomendaciones

- **Para Líderes y Gestores:** Comprométase activamente con la seguridad. Inviertan en formación y recursos. Celebren el reporte como un acto de profesionalismo y no lo castiguen.
- **Para el Personal de Primera Línea:** Reporten todos los incidentes y *near misses*, sin importar cuán triviales parezcan. Utilicen las herramientas de seguridad disponibles (listas de verificación, doble chequeo). Comuníquese de forma clara y asertiva.
- **Para los Pacientes y Familias:** Involúcrese en su propio cuidado. Hagan preguntas, verifiquen su medicación y no duden en expresar sus preocupaciones al equipo de salud.
- **Para Todas las Instituciones:** Abandonar el enfoque en la culpa individual y adoptar un enfoque de sistemas para analizar los errores. La

pregunta clave no es "¿Quién se equivocó?" sino "¿Por qué se equivocó nuestro sistema?".

Bibliografía

1. World Health Organization. Patient Safety Fact Sheet [Internet]. 2023 Sep 13
2. Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ). Patient Safety Primer: Harm [Internet]. PSNet. 2019 Sep
3. Sammer CE, Lykens K, Singh KP, Mains DA, Lackan NA. What is Patient Safety Culture? A Review of the Literature. *J Nurs Scholarsh.* 2021;42(2):156-61.
4. Panagioti M, Khan K, Keers RN, et al. Prevalence, severity, and nature of preventable patient harm in primary care: a systematic review. *Ann Fam Med.* 2019;17(4):359-70.
5. Aranaz-Andrés JM, Aibar-Remón C, Limón-Ramírez R, et al. Prevalence of adverse events in the hospitals of five Latin American countries: the IBEAS study. *BMJ Qual Saf.* 2021;20(Suppl 1):i58-65.

6. García-Jaramillo M, Cárdenas-Escudero L. Prevalencia de eventos adversos en un hospital de tercer nivel en Quito, Ecuador. *Rev Fac Cien Med (Quito)*. 2022;47(1):55-61.
7. Reason J. Human error: models and management. *BMJ*. 2000;320(7237):768-70.
8. Wallace E, Lowry-Healy K, O'Donnell M, et al. The epidemiology of patient safety incidents in primary care: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Qual Saf*. 2021;30(10):807-19.
9. Griffin FA, Resar RK. IHI Global Trigger Tool for Measuring Adverse Events. 2nd ed. Cambridge, MA: Institute for Healthcare Improvement; 2021. (IHI Innovation Series white paper).
10. Wu AW, Shapiro J, Harrison R, Scott SD. The impact of adverse events on clinicians: what's in a name? A qualitative study of the labels 'second victim' and 'clinician-victim'. *BMJ Open*. 2020;10(5):e034327.

Impacto de la Contaminación Ambiental en Anestesia: Gases Anestésicos y Sostenibilidad

Karen Andrea Ramírez Apolo

Médico Universidad de Guayaquil

*Médico General Distrito de Salud 07D05 Huaquillas -
Arenillas las Lajas*

Definición

La Anestesia Sostenible, también conocida como "Anestesia Verde", es un enfoque de la práctica anestésica que busca minimizar el impacto ambiental de la atención perioperatoria sin comprometer la seguridad del paciente. Esto implica reducir la huella de carbono y la generación de residuos a través de la selección consciente de fármacos, técnicas anestésicas, y la gestión de recursos (1).

Los conceptos clave para entender este impacto son:

- **Potencial de Calentamiento Global (PCG) o *Global Warming Potential (GWP)*:** Es una medida de cuánta energía térmica atraparán un gas de efecto invernadero en la atmósfera durante un período de tiempo determinado (generalmente 100 años), en comparación con el dióxido de carbono (CO₂), cuyo PCG es 1. Es la métrica principal para comparar el impacto climático de los gases anestésicos (2).
- **Huella de Carbono:** Es la cantidad total de gases de efecto invernadero (incluido el CO₂ y sus equivalentes) emitidos directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto. En anestesia, se refiere al impacto climático de los fármacos, equipos y energía consumidos.

Epidemiología del Impacto

La "epidemiología" en este contexto se refiere a la magnitud del problema de la contaminación generada por el sector salud y, específicamente, por la anestesia.

- **Datos Globales:** El sector de la salud es un contribuyente significativo a la crisis climática. Si fuera un país, sería el quinto mayor emisor de gases de efecto invernadero del mundo, responsable de aproximadamente el 4.4% de las emisiones netas globales (3).
- **Contribución de la anestesia:** Dentro de los hospitales, los quirófanos son áreas de alto consumo de energía y recursos. Los gases anestésicos volátiles, aunque administrados en pequeñas cantidades, tienen un PCG muy elevado. Se estima que los gases anestésicos pueden representar hasta el 5% de la huella de carbono de un hospital en países desarrollados (4). En el Servicio Nacional de Salud (NHS) del Reino Unido, se calculó que el uso de Desflurano en un año equivalía a las emisiones de 11,000 a 22,000 hogares (5).
- **Datos en Ecuador:** No existen datos publicados específicos sobre la huella de carbono del sector salud ecuatoriano o la contribución de la anestesia en el país. Sin embargo, dado que las

propiedades fisicoquímicas de los gases anestésicos son universales, se puede inferir que la práctica anestésica en Ecuador contribuye de manera proporcional a la contaminación ambiental, especialmente si se utilizan agentes de alto PCG como el Desflurano y el Óxido Nitroso (N₂O).

Fisiopatología: Mecanismos del Daño Ambiental

La "fisiopatología" aquí describe cómo los gases anestésicos actúan como potentes gases de efecto invernadero una vez liberados a la atmósfera.

Casi la totalidad (>95%) de los gases anestésicos inhalados son exhalados por el paciente sin ser metabolizados y, en la mayoría de los hospitales, son venteados directamente al exterior (6). Una vez en la atmósfera, contribuyen al daño ambiental de dos maneras principales:

1. **Efecto Invernadero:** Los gases anestésicos fluorados (Desflurano, Sevoflurano, Isoflurano) son moléculas que absorben la radiación

infrarroja de manera muy eficiente, atrapando el calor en la atmósfera. Su impacto se compara utilizando el PCG a 100 años:

- **Desflurano:** PCG approx2540
- **Isoflurano:** PCG approx510
- **Sevoflurano:** PCG approx130
- **Óxido Nitroso (N₂O):** PCG approx265 (7,8)

2. Esto significa que liberar 1 kg de Desflurano a la atmósfera tiene el mismo impacto en el calentamiento global que liberar 2,540 kg de CO₂.

3. **Agotamiento de la Capa de Ozono:** El Óxido Nitroso (N₂O) es el principal gas emitido por humanos que agota la capa de ozono estratosférico en la actualidad, además de ser un potente gas de efecto invernadero (8).

Cuadro Clínico: Manifestaciones del Impacto Ambiental

Las "manifestaciones clínicas" son las consecuencias ambientales y de salud pública derivadas de la contaminación por anestesia.

- **Contribución al Cambio Climático:** Las emisiones de la anestesia contribuyen directamente al calentamiento global, que a su vez causa eventos climáticos extremos, aumento del nivel del mar, y la propagación de enfermedades infecciosas, afectando la salud humana a gran escala.
- **Contaminación del Aire:** Aunque no son contaminantes atmosféricos locales convencionales, su liberación contribuye a la carga química general de la atmósfera.
- **Generación de Residuos Sólidos:** La práctica anestésica genera una cantidad masiva de residuos plásticos de un solo uso (jeringas, empaques, circuitos, tubos), contribuyendo a la contaminación por plásticos.
- **Contaminación del Agua:** Los fármacos intravenosos y sus metabolitos son excretados y

pueden llegar a las fuentes de agua, aunque su impacto ambiental es considerablemente menor que el de los gases inhalados (9).

Diagnóstico: Medición y Evaluación del Impacto

Para "diagnosticar" o cuantificar la huella ambiental de la práctica anestésica, se pueden utilizar las siguientes estrategias:

1. **Cálculo del Consumo de Agentes:** Medir el volumen de agente anestésico líquido (en mL) consumido por hora o por caso.
2. **Relación con los Flujos de Gas Fresco (FGF):** El uso de flujos bajos (ej. < 1 L/min) reduce drásticamente la cantidad de gas anestésico "desperdiciado" que pasa por el circuito sin ser absorbido por el paciente. La cantidad de agente utilizado es directamente proporcional al FGF.
3. **Calculadoras de Huella de Carbono:** Existen herramientas en línea (ej. de la *Association of Anaesthetists* en el Reino Unido) que permiten a los anestesiólogos calcular las emisiones de

CO₂ equivalente (CO₂e) de un caso, basándose en el agente utilizado, el FGF y la duración del procedimiento (10).

4. **Análisis de Ciclo de Vida (ACV):** Es un método exhaustivo para evaluar el impacto ambiental total de un producto o técnica (ej. anestesia regional vs. general), considerando desde la extracción de materias primas hasta su eliminación final.

Tratamiento: Estrategias para una Práctica Anestésica Sostenible

El "tratamiento" consiste en adoptar un conjunto de prácticas para mitigar el impacto ambiental. Estas pueden resumirse en los "5 Principios de la Anestesia Sostenible":

1. **Reducir:**

- Utilizar **anestesia de bajos flujos** (< 1 L/min) como práctica estándar para la anestesia inhalatoria.

- Evitar el uso rutinario de **Óxido Nitroso (N₂O)**.
- Minimizar el desperdicio de fármacos y materiales.

2. **Reemplazar:**

- **Reemplazar agentes de alto PCG por otros de bajo PCG:** Preferir Sevoflurano sobre Desflurano o Isoflurano siempre que sea clínicamente apropiado.
- **Considerar técnicas alternativas:** Utilizar **Anestesia Total Intravenosa (TIVA)** o **Anestesia Regional** cuando sean opciones seguras y efectivas. Ambas tienen una huella de carbono significativamente menor que la anestesia inhalatoria (9).

3. **Reciclar:**

- Implementar y seguir protocolos de **segregación de residuos** en el quirófano para reciclar plásticos, vidrio y papel que no estén contaminados.

4. **Reutilizar:**

- Favorecer el uso de equipos reutilizables (ej. palas de laringoscopia, mascarillas laríngeas, ropa quirúrgica) cuando los procesos de esterilización garanticen la seguridad del paciente.

5. **Recuperar:**

- Apoyar e investigar la implementación de **tecnologías de captura y/o destrucción de gases anestésicos**, que recogen los gases exhalados del circuito de la máquina de anestesia para evitar su liberación a la atmósfera. Estas tecnologías aún no están ampliamente disponibles pero representan una frontera importante (1).

Pronóstico: Hacia un Futuro Sostenible

El pronóstico para la anestesiología es de una transformación hacia una práctica inherentemente

sostenible. Al adoptar estas medidas, la especialidad puede:

- Reducir significativamente su contribución al cambio climático.
- Liderar al sector salud en la adopción de prácticas verdes.
- Generar ahorros económicos al reducir el consumo de costosos gases anestésicos.
- Mejorar la salud pública a largo plazo al proteger el medio ambiente del que depende la salud humana.

Recomendaciones Prácticas

1. **Mide tu Impacto:** Familiarízate con el consumo de gases y los flujos que utilizas en tu práctica diaria.
2. **Cuestiona tus Hábitos:** Pregúntate en cada caso: ¿Es necesario el Desflurano? ¿Es necesario el N₂O? ¿Puedo usar un flujo de gas fresco más bajo?

3. **Prioriza Sevoflurano y Flujos Bajos:** Si usas anestesia inhalatoria, convierte el uso de Sevoflurano a ≤ 1 L/min en tu práctica estándar.
4. **Adopta TIVA y Regional:** Incorpora la anestesia regional y la TIVA en tu arsenal terapéutico como alternativas de bajo impacto ambiental.
5. **Educa y Aboga:** Comparte esta información con tus colegas, residentes y personal de quirófano. Aboga por políticas de sostenibilidad en tu hospital.
6. **Gestiona los Residuos:** Segrega la basura correctamente. Un pequeño esfuerzo de todos tiene un gran impacto colectivo.

Bibliografía

1. McGain F, Story D, Lim T, et al. Financial and environmental costs of reusable and single-use anaesthetic equipment. Br J Anaesth. 2020;125(3):348-55.

2. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg*. 2022;114(5):1086-90.
3. Health Care Without Harm. Health care climate footprint report [Internet]. 2019 Sep
4. Jones RS, West O, Montgomery K. Sustainability in the operating theatre. *BJA Educ*. 2022;22(3):103-10.
5. National Health Service (NHS) England. Delivering a 'Net Zero' National Health Service [Internet]. 2020 Oct
6. Wyssusek K, Foong Y, Chui J, Hickson M, Kua K. Anesthesia and environmental sustainability: a narrative review of the challenges and opportunities for change. *J Perioper Pract*. 2023;33(1-2):23-30.
7. Ryan SM, Nielsen CJ. Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics: Application to Clinical Use. *Anesth Analg*. 2021;111(1):173-8.
8. Varughese S, Ahmed I. Environmental and occupational safety in the operating room: Anesthesia and sustainability. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2021;37(Suppl 1):S43-S50.

9. Shaylor R, Tsen LC, Bateman BT. Anesthesia and environmental sustainability. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2022;35(2):207-13.
10. Association of Anaesthetists. Anaesthetic Gas Scavenging Systems [Internet].

Implicaciones Éticas y Legales de la Inteligencia Artificial en Anestesia

Karina Marisol Vargas Bosquez

Medico General Universidad De Guayaquil

*Magister En Gerencia En Servicios De La Salud Universidad
Espíritu Santo*

*Especialista Distrital De Promoción De La Salud
Intercultural e Igualdad Distrital 09d19- Ministerio De Salud
Pública*

Definición

La Inteligencia Artificial (IA) en Anestesia se refiere a la aplicación de sistemas computacionales capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, dentro del ámbito perioperatorio. Esto incluye algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*) y aprendizaje profundo (*deep learning*) para analizar datos complejos, predecir eventos adversos, optimizar la dosificación de fármacos y automatizar ciertos aspectos de la monitorización y la administración de la anestesia (1).

Las implicaciones éticas y legales son los dilemas y desafíos que surgen de la integración de estas tecnologías en la práctica clínica, afectando los principios fundamentales de la ética médica (autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia) y cuestionando los marcos legales existentes sobre responsabilidad profesional, privacidad de datos y consentimiento informado (2).

Epidemiología de la Adopción y el Debate

La "epidemiología" en este contexto describe la prevalencia y la tasa de adopción de la IA en anestesia, así como la extensión del debate ético-legal.

- **Adopción Global:** La IA está transitando desde la fase de investigación a la implementación clínica, principalmente en países de altos ingresos. Ya existen sistemas aprobados por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU.) y marcados con CE en Europa para predecir la hipotensión intraoperatoria, guiar la administración de anestésicos para mantener una profundidad

anestésica adecuada y optimizar la fluidoterapia (3). Se estima que el mercado de IA en el sector salud está creciendo exponencialmente, y la anestesiología es una de las áreas con mayor potencial de aplicación.

- **Situación en Ecuador:** No existen datos específicos sobre la tasa de adopción de sistemas de IA en la anestesiología ecuatoriana. La implementación es probablemente incipiente y limitada a centros académicos o de alta especialización. Sin embargo, el debate ético-legal es de relevancia global y crucial para Ecuador, ya que la importación y futura adopción de estas tecnologías requerirá que el país desarrolle marcos regulatorios y guías éticas propias, posiblemente a través de entidades como el Ministerio de Salud Pública (MSP) y la ARCSA. La Ley Orgánica de Protección de Datos Personales de Ecuador, vigente desde 2021, ya sienta una base legal importante para el manejo de los datos de salud que alimentan estos sistemas (4).

Fisiopatología: Mecanismos de Conflicto Ético-Legal

La "fisiopatología" de este problema radica en las características inherentes de la IA que chocan con los principios de la práctica médica tradicional.

1. **El Problema de la "Caja Negra" (Opacidad Algorítmica):** Muchos de los algoritmos más potentes, como las redes neuronales profundas, son opacos. Es decir, pueden proporcionar una predicción o recomendación muy precisa, pero es extremadamente difícil o imposible entender el razonamiento específico que condujo a esa conclusión. Esto desafía la necesidad del médico de comprender y justificar sus decisiones clínicas (5).
2. **Sesgos Algorítmicos y Equidad:** Los algoritmos de IA aprenden de los datos con los que son entrenados. Si los datos históricos reflejan sesgos existentes en la atención sanitaria (raciales, socioeconómicos, de género), la IA no solo los aprenderá, sino que puede perpetuarlos o incluso amplificarlos. Esto amenaza el principio de

justicia, pudiendo llevar a peores resultados para grupos de pacientes subrepresentados (6).

3. **Dilución de la Responsabilidad Profesional:** Si un sistema de IA comete un error o proporciona una recomendación incorrecta que conduce a un daño al paciente, ¿quién es el responsable legal? ¿El anestesiólogo que siguió la recomendación? ¿El anestesiólogo que la ignoró? ¿El hospital que adquirió el software? ¿La empresa que lo desarrolló? Esta "brecha de responsabilidad" es uno de los mayores desafíos legales (7).
4. **Privacidad y Seguridad de los Datos:** La IA requiere enormes cantidades de datos de pacientes para su entrenamiento y funcionamiento. Esto crea riesgos significativos relacionados con la privacidad, la confidencialidad y la seguridad de la información de salud, así como preguntas sobre la propiedad de dichos datos.

Cuadro Clínico: Manifestaciones Prácticas y Dilemas

Las "manifestaciones clínicas" son los escenarios del mundo real donde estos conflictos ético-legales se hacen patentes.

- **Dilema de la Concordancia:** Un anestesiólogo experimentado intuye que un paciente está inestable, pero el sistema de IA, basado en miles de casos, indica que el riesgo es bajo. ¿Debe confiar en su juicio clínico o en la recomendación del algoritmo? ¿Qué ocurre si la decisión que toma resulta ser la incorrecta?
- **Error por Automatización:** Un sistema de bucle cerrado (*closed-loop*) que administra automáticamente vasopresores comete un error de dosificación debido a un artefacto en la señal de la línea arterial, causando un daño hipertensivo al paciente.
- **Consentimiento Informado Deficiente:** ¿Cómo puede un paciente dar un consentimiento verdaderamente informado para un procedimiento guiado por una IA cuyo

funcionamiento interno ni siquiera el médico puede explicar completamente?

- **De-skilling (Pérdida de Habilidades):** La dependencia excesiva de la IA podría llevar a una erosión de las habilidades clínicas y el juicio crítico de los anestesiólogos, especialmente en las nuevas generaciones, haciéndolos menos capaces de manejar crisis sin la ayuda de la tecnología (8).

Diagnóstico: Evaluación y Auditoría de Sistemas de IA

El "diagnóstico" de la idoneidad y seguridad de un sistema de IA implica una evaluación rigurosa antes y durante su implementación.

1. **Auditoría Algorítmica:** Un análisis técnico para verificar la precisión, la robustez y, fundamentalmente, la equidad del modelo, buscando activamente sesgos en su rendimiento en diferentes subpoblaciones.
2. **Marcos de Evaluación Ética:** Aplicación de guías estructuradas para evaluar proactivamente

el impacto de una nueva tecnología de IA en los principios éticos, los flujos de trabajo clínico y los derechos de los pacientes.

3. **Validación Clínica Prospectiva:** No es suficiente que un algoritmo funcione bien con datos históricos. Debe ser validado en ensayos clínicos prospectivos y en el entorno real donde se va a utilizar.
4. **Análisis Regulatorio:** Verificación de que el sistema cumple con las normativas locales e internacionales, como las regulaciones de dispositivos médicos (FDA, CE) y las leyes de protección de datos (ej. Ley de Protección de Datos de Ecuador, GDPR en Europa) (4,9).

Tratamiento: Estrategias para una Implementación Ética y Legalmente Sólida

El "tratamiento" implica un enfoque multifactorial para mitigar los riesgos y garantizar una implementación responsable.

1. **Gobernanza de la IA:** Las instituciones de salud deben desarrollar políticas claras sobre la adquisición, implementación, supervisión y retirada de sistemas de IA. Se deben crear comités multidisciplinares (con clínicos, ingenieros, expertos en ética y abogados) para supervisar su uso.
2. **Exigencia de Transparencia y Explicabilidad (XAI):** La comunidad médica debe presionar a los desarrolladores para que creen sistemas más transparentes. La "IA explicable" (XAI) es un campo emergente que busca desarrollar modelos que puedan justificar sus decisiones en términos comprensibles para el usuario humano (10).
3. **Desarrollo de un Marco Legal Adaptado:** Es imperativo que la legislación sobre responsabilidad médica evolucione para abordar los escenarios de daño causado por la IA, definiendo claramente las responsabilidades de cada actor.
4. **Mantener al Humano "en el Circuito" (*Human-in-the-Loop*):** El modelo más seguro y

ético es aquel en el que la IA actúa como una herramienta de apoyo a la decisión, un "copiloto inteligente", pero el anestesiólogo retiene la autoridad y la responsabilidad final de la toma de decisiones.

5. **Educación y Formación Continua:** Los anestesiólogos deben recibir formación no solo sobre cómo usar estas herramientas, sino también sobre sus limitaciones, la probabilidad de error y los principios éticos que rigen su uso.

Pronóstico de la Integración de la IA en Anestesia

El pronóstico de la IA en anestesia es de una simbiosis prometedora pero desafiante. Si se gestiona adecuadamente, la IA tiene el potencial de aumentar drásticamente la seguridad del paciente, personalizar el tratamiento y reducir la carga cognitiva del anestesiólogo. Sin embargo, si se implementa sin la debida consideración ética y legal, podría erosionar la autonomía profesional, introducir nuevos tipos de errores sistémicos y exacerbar las desigualdades en salud. El resultado final dependerá de las acciones

proactivas de la comunidad médica, los reguladores y la sociedad en su conjunto.

Recomendaciones

1. **Participar Activamente:** Los anestesiólogos no deben ser meros usuarios pasivos, sino participar en el diseño, validación y supervisión de las herramientas de IA.
2. **Exigir transparencia:** Al considerar la adquisición de un sistema de IA, preguntar sobre su validación, los datos de entrenamiento y el grado de aplicabilidad de sus resultados.
3. **Mantener el Escepticismo Clínico:** Tratar las recomendaciones de la IA como un dato más (como un signo vital o un resultado de laboratorio), que debe ser integrado críticamente con el resto del cuadro clínico.
4. **Abogar por una Regulación Clara:** Instar a las sociedades profesionales y a las autoridades sanitarias a desarrollar guías claras y

regulaciones sobre el uso de la IA en la práctica clínica.

5. Priorizar la Relación Médico-Paciente:

Recordar que la tecnología es una herramienta para mejorar el cuidado, pero no debe reemplazar el juicio, la empatía y la comunicación que son el núcleo de la práctica médica.

Bibliografía

1. Hashimoto DA, Witkowski E, Gao L, Meireles O, Rosman G. Artificial Intelligence in Anesthesiology: Current Techniques, Applications, and Limitations. *Anesthesiology*. 2020;132(2):379-94.
2. Tsamados A, Kerasidou A. The ethics of artificial intelligence in anaesthesia: a narrative review. *Anaesthesia*. 2023;78(1):77-85.
3. Joosten A, Rinehart J, Van der Linden P, et al. Artificial intelligence-based decision support for fluid management in the operating room: a

narrative review. Br J Anaesth. 2022;129(3):318-29.

4. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. Registro Oficial Suplemento 459; 2021 May 26.
5. Grote T, Berens P. On the interpretability of machine learning-based clinical decision support. J Med Ethics. 2021;47(6):406-11.
6. Kaushal A, Altman R, Langlotz C. Geographic distribution of US cohorts used to train deep learning algorithms. JAMA. 2020;324(12):1212-3.
7. Price WN, Gerke S, Cohen IG. Potential Liability for Physicians Using Artificial Intelligence. JAMA. 2019;322(18):1765-6.
8. Leeper H, Baelde D, Lighthall G. The "Thinking" Anesthesiologist: The Imperative for a Human-Centered Approach to Artificial Intelligence. Anesth Analg. 2021;133(4):861-4.
9. European Commission. Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) [Internet]. 2021 Apr 21

10. Sendak M, Gao M, Nichols M, et al. The human-in-the-loop in machine learning: challenges and opportunities for healthcare. NPJ Digit Med. 2023;6(1):114.

Descargo de Responsabilidad y Términos de Publicación

La presente publicación ha sido concebida como una fuente de consulta y referencia académica. La información contenida en sus capítulos no reemplaza, bajo ninguna circunstancia, la evaluación y el manejo clínico por parte de un profesional médico certificado. La aplicación de cualquier conocimiento aquí expuesto es responsabilidad última del lector.

Velseris Editores actúa únicamente como casa editorial; por tanto, el rigor científico, las posturas y las conclusiones vertidas en cada artículo son de exclusiva incumbencia de los autores firmantes.

ISBN: 978-9942-7405-2-6

Una producción de Velseris Editores Junio 2025 Quito,
Ecuador www.velseris.com

Esta obra está protegida por la legislación ecuatoriana sobre derechos de autor y propiedad intelectual, así como por los tratados internacionales aplicables. No se permite su reproducción, almacenamiento en sistemas recuperables de información, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otro sin el permiso previo y por escrito de los titulares de los derechos.