

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

[DOI 10.35381/cm.v12i23.2209](https://doi.org/10.35381/cm.v12i23.2209)

Gestión del monitoreo multimodal, aplicando evidencia científica para optimizar el cuidado integral del paciente crítico

Multimodal monitoring management, applying scientific evidence to optimize comprehensive care for critically ill patient

Jaime Enrique Castellanos-Guevara
jcastellanos@umet.edu.ec
Universidad Metropolitana, Quito, Pichincha
Ecuador
<https://orcid.org/0009-0004-1326-1696>

Juleiky García-Beracieto
jugarcia@umet.edu.ec
Universidad Metropolitana, Quito, Pichincha
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-2748-0895>

Lisette Zambrano-Sanguinetti
lzambrano@umet.edu.ec
Universidad Metropolitana, Quito, Pichincha
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6479-2295>

Annie Sareth Lemus-Abata
alemus@umet.edu.ec
Universidad Metropolitana, Quito, Pichincha
Ecuador
<https://orcid.org/0009-0008-5789-3424>

Recepción: 15 de abril 2026
Revisado: 3 de junio 2026
Aprobación: 17 de junio 2026
Publicado 01 de julio 2026

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

RESUMEN

La monitorización multimodal integra variables clave para guiar decisiones en tiempo real en la unidad de cuidados intensivos requiriendo un manejo clínico integral. El objetivo fue revisar la literatura sobre el rol cognitivo de enfermería en la monitorización multimodal, bajo el enfoque de la práctica basada en la evidencia. Se utilizó el método de revisión narrativa mediante búsqueda en bases de datos indexadas como PubMed, SciELO y Dialnet. Se evaluó el impacto de la inteligencia artificial en la interpretación algorítmica. Entre los principales resultados se declara que la enfermería integra críticamente los datos tecnológicos. Sus competencias abarcan la calibración, detección de artefactos y lectura contextual. No obstante, la fatiga por alarmas y la carga cognitiva limitan el rescate clínico. La monitorización es un sistema sociotécnico; la tecnología aporta señales objetivas, pero la enfermería ejerce el rol cognitivo superior, transformando datos en conciencia situacional y vigilancia dinámica.

Descriptores: Monitorización multimodal; enfermería de cuidados críticos; cuidados intensivos; seguridad del paciente. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

Multimodal monitoring integrates key variables to guide real-time decisions in the intensive care unit, requiring comprehensive clinical management. The objective was to review the literature on the cognitive role of nursing in multimodal monitoring, under the evidence-based practice approach. The narrative review method was used by searching indexed databases such as PubMed, SciELO and Dialnet. The impact of artificial intelligence on algorithmic interpretation was evaluated. Among the main results, it is stated that nursing critically integrates technological data. Her competencies include calibration, artifact detection, and contextual reading. However, alarm fatigue and cognitive load limit clinical rescue. Monitoring is a socio-technical system; Technology provides objective signals, but nursing plays the superior cognitive role, transforming data into situational awareness and dynamic surveillance.

Descriptors: Nursing; kidney disease; critically ill patient; intermittent renal replacement therapy. (UNESCO Thesaurus).

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

INTRODUCCIÓN

La unidad de cuidados intensivos (UCI) contemporánea es un entorno de alta densidad informacional. El paciente crítico puede generar simultáneamente datos de presión arterial invasiva, gasto cardíaco, mecánica ventilatoria, capnografía, presión intracraneal, oxigenación cerebral, diuresis, balance hídrico, lactato, glucemia, terapia de reemplazo renal continuo y actividad eléctrica cerebral. Esta disponibilidad de información ha impulsado el tránsito desde una vigilancia centrada en signos vitales aislados hacia un enfoque de monitorización multimodal, entendido como la integración de múltiples señales fisiológicas para comprender la fisiopatología dinámica del paciente y orientar terapias individualizadas (Barrit et al., 2024; Pinsky & Cecconi, 2022; Tas et al., 2022).

En este escenario, la enfermería de cuidados críticos no cumple un papel meramente operativo. Su presencia continua a la cabecera del paciente, su contacto directo con los dispositivos y su responsabilidad en la valoración clínica seriada la convierten en el principal nodo de integración entre tecnología, fisiología y cuidado humano. La evidencia reciente sobre conciencia situacional en enfermería destaca que la seguridad del paciente depende de tres procesos encadenados: percibir señales, comprender su significado clínico y proyectar el riesgo de deterioro antes de que se consolide el evento adverso (Ghaderi et al., 2022; Walshe et al., 2021).

El problema no es la ausencia de datos, sino la posibilidad de que los datos se conviertan en ruido. La fatiga por alarmas, la sobrecarga cognitiva, la fragmentación de pantallas y la dotación insuficiente de personal comprometen la capacidad del equipo para identificar señales tempranas de inestabilidad. Las revisiones sobre alarmas clínicas muestran que la exposición persistente a alertas no accionables puede desensibilizar al personal y retrasar respuestas críticas (Chromik et al., 2022; Shaoru et al., 2023; Xu et al., 2025), por tanto, revisar el rol de enfermería en la monitorización multimodal implica analizar tantas competencias técnicas como habilidades cognitivas, organizacionales y comunicacionales.

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

Este artículo tiene como objetivo analizar y actualizar el papel de la enfermería en la monitorización multimodal del paciente crítico, con énfasis en la práctica basada en evidencia, la seguridad del paciente y la prevención del deterioro clínico.

METÓDO

Se realizó una revisión narrativa de alcance clínico y educativo. La búsqueda se orientó a publicaciones entre enero de 2021 y junio de 2026 en fuentes biomédicas indexadas y portales editoriales de acceso académico.

Se priorizaron artículos en idioma inglés y español contentivos de los términos: multimodal monitoring, multimodality monitoring, neurocritical care, hemodynamic monitoring, critical care nursing, ventilator-associated pneumonia, continuous renal replacement therapy, alarm fatigue, situational awareness, nurse staffing, glycemic control, clinical decision support y artificial intelligence in intensive care. Se incluyeron guías, consensos, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas especializadas, estudios de validación con utilidad directa para la práctica de enfermería y criterios de expertos. Se excluyeron fuentes sin fecha, blogs no académicos, documentos sin trazabilidad bibliográfica y referencias anteriores a 2021, salvo cuando aparecieran dentro del contexto histórico de una fuente reciente y no se incorporaron como citas del manuscrito. Los documentos se organizaron por dominios fisiológicos de monitorización que incluyó neurológico, hemodinámico, respiratorio, renal, metabólico e de integración cognitiva. La información fue depurada para mantener coherencia terminológica, evitar redundancias y traducir la evidencia en competencias observables de enfermería.

RESULTADOS

Esta sección recopila la evidencia científica publicada entre 2021 y 2026 respecto a la estructura, dominios y competencias técnicas de la monitorización multimodal, así como los riesgos y recomendaciones identificados en la literatura.

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

Conceptualización y dominios de la monitorización multimodal

La evidencia científica demuestra que la monitorización multimodal superpone la integración de señales complementarias sobre la mera acumulación de dispositivos para responder a ventanas fisiológicas específicas (perfusión cerebral, suficiencia del gasto cardíaco, protección pulmonar, sobrecarga hídrica e hipoperfusión metabólica) (Barrit et al., 2024; Kulkarni et al., 2022; Pinsky & Cecconi, 2022).

Según la literatura, se identifican cinco dominios interdependientes que estructuran la práctica clínica en las UCI: neurológico, hemodinámico, respiratorio, renal-metabólico y de integración clínica. Las competencias críticas de enfermería y las variables asociadas a cada dominio se sintetizan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Dominios de monitorización multimodal y competencias críticas de enfermería.

Dominio	Variables / dispositivos	Competencias críticas de enfermería
Neurológico	PIC, PPC, DVE, PbtO ₂ , NIRS, cEEG, Doppler transcraneal, microdiálisis.	Nivelar y calibrar sistemas; mantener técnica aséptica; vigilar onda, drenaje, sensores y artefactos; correlacionar con sedación, posición, ventilación y eventos clínicos.
Hemodinámico	Línea arterial, PAM, GC/IC, VVS/VPP, RVS, ScvO ₂ /SvO ₂ , lactato, delta CO ₂ .	Verificar morfología de onda; hacer cero; interpretar condiciones de validez de variables dinámicas; registrar respuesta a fluidos, vasopresores e inotrópicos.
Respiratorio	Ventilador, presión pico/meseta, driving pressure, PEEP, curvas, SpO ₂ , EtCO ₂ .	Confirmar parámetros; detectar asincronía, auto-PEEP, fugas, secreciones y sobredistensión; prevenir VAP/VAE; interpretar limitaciones de sensores.
Renal-metabólico	Diuresis, balance, peso, electrolitos, TRRC/CKRT, glucemia, lactato.	Cuantificar ingresos/egresos; vigilar presiones de circuito y ultrafiltración; prevenir hipoglucemia; comunicar tendencias de hipoperfusión o sobrecarga.
Integración clínica	Tendencias, alarmas, EWS/RRS, dashboards, CDS S/IA.	Sintetizar datos; priorizar señales; comunicar deterioro mediante lenguaje estructurado; activar protocolos y evaluar respuesta.

Elaboración: Según los criterios clínicos y guías de (Barrit et al., 2024; Kulkarni et al., 2022; Pinsky & Cecconi, 2022; Teixeira et al., 2025; Vitt et al., 2023).

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

A partir de los hallazgos los dominios específicos de vigilancia son:

- **Monitorización neurológica:** Los datos señalan la necesidad de mitigar la lesión cerebral secundaria (hipoxia, edema, crisis no convulsivas). La literatura recomienda integrar variables como PIC, PPC, PbtO₂, NIRS y cEEG (Vitt et al., 2023). Se documenta la importancia de la precisión técnica en transductores y la adopción de la terminología estandarizada de la American Clinical Neurophysiology Society (ACNS) para el reconocimiento de patrones ictales y artefactos (Hirsch et al., 2021).
- **Monitorización hemodinámica:** Los estudios ratifican que los marcadores dinámicos y funcionales (como la variabilidad del volumen sistólico o presión de pulso) superan a los parámetros estáticos para predecir la respuesta a fluidos, condicionado estrictamente al cumplimiento de sus criterios de validez técnica (Kulkarni et al., 2022; Monnet et al., 2025).
- **Monitorización respiratoria:** La monitorización continua mediante curvas de flujo/presión, driving pressure (15 cm H₂O), presión meseta, capnografía (EtCO₂) y pulsioximetría (SpO₂) se reporta como el estándar para guiar la ventilación protectora, detectar asincronías y prevenir la Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica (NAVM) mediante el control del neumotaponamiento (Ghaderi et al., 2022; Klompas et al., 2022).
- **Monitorización renal y metabólica:** La literatura vincula de forma estrecha la diuresis horaria y el balance hídrico acumulado con los resultados hemodinámicos y respiratorios (Evans et al., 2021; Teixeira et al., 2025). En terapias de reemplazo renal continuo (TRRC), se subraya la necesidad de vigilar las presiones del circuito y la coagulación del filtro (Yu et al., 2024). Para el control glucémico, las guías SCCM 2024 desaconsejan esquemas intensivos estrictos debido al riesgo incrementado de hipoglucemia iatrogénica (Honarmand et al., 2024). Con respecto

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

al lactato, las directrices de la Surviving Sepsis Campaign reafirman su valor como indicador cinético y seriado de perfusión tisular (Chromik et al., 2022).

Las acciones de enfermería interdependientes permiten una valoración integral y dinámica del estado clínico. El dominio neurológico incluye variables como la presión intracraneal, la presión de perfusión cerebral, la derivación ventricular externa, la oxigenación cerebral, el electroencefalograma continuo, el Doppler transcraneal y la microdiálisis, cuya interpretación exige una vigilancia precisa de ondas, drenajes, sensores, artefactos y su relación con la sedación, la posición y la ventilación. El dominio hemodinámico integra la presión arterial invasiva, la presión arterial media, el gasto e índice cardíaco, las variables dinámicas de respuesta a fluidos, la resistencia vascular sistémica, la saturación venosa y marcadores de perfusión como el lactato y el delta de CO₂.

A su vez, el dominio respiratorio permite evaluar la interacción paciente-ventilador mediante presiones, PEEP, driving pressure, curvas ventilatorias, pulsioximetría y capnografía, facilitando la detección temprana de asincronías, fugas, auto-PEEP, secreciones o sobredistensión pulmonar. El dominio renal-metabólico contempla la diuresis, el balance hídrico, el peso, los electrolitos, la terapia de reemplazo renal continua, la glucemia y el lactato, elementos esenciales para reconocer hipoperfusión, sobrecarga de volumen o alteraciones metabólicas.

Finalmente, el dominio de integración clínica articula las tendencias, alarmas, escalas de alerta temprana, sistemas de respuesta rápida, tableros clínicos y herramientas de soporte a la decisión, permitiendo que enfermería sintetice la información, priorice señales relevantes, comunique el deterioro de manera estructurada y active intervenciones oportunas basadas en la evolución del paciente (Barrit et al., 2024; Pinsky & Cecconi, 2022).

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

Riesgos, errores frecuentes e impacto clínico

La revisión identifica que las fallas técnicas y organizacionales impactan negativamente en la seguridad del paciente. Los errores recurrentes recopilados en la literatura se tabulan con sus respectivas acciones preventivas en la Tabla 2.

Tabla 2.

Errores frecuentes en monitorización multimodal y acciones preventivas.

Riesgo	Impacto potencial	Acción preventiva de enfermería
Dato no confiable por mala nivelación o calibración.	Tratamiento de hipotensión, hipertensión intracraneal o shock con base en valores falsos.	Verificar cero, referencia anatómica, morfología de onda, permeabilidad y prueba dinámica antes de reportar o intervenir.
Interpretar variables dinámicas sin condiciones de validez.	Fluidoterapia innecesaria y sobrecarga de volumen.	Confirmar ventilación controlada, ritmo regular, volumen corriente suficiente y ausencia de esfuerzo espontáneo antes de usar VVS/VPP.
Alarmas genéricas no individualizadas.	Desensibilización, demora en respuesta y fatiga por alarmas.	Ajustar límites por paciente, revisar sensores, usar retrasos seguros y escalar alarmas persistentes con criterio clínico.
Datos fragmentados en múltiples pantallas.	Pérdida de conciencia situacional.	Realizar reevaluaciones programadas por sistemas; usar reportes estructurados y resumir tendencias en pases de guardia.
Subdotación o paciente con soporte altamente complejo.	Omisión de vigilancia, fallos de rescate, agotamiento del personal.	Asignar ratio según agudeza, soporte invasivo y carga tecnológica; activar apoyo experto ante TRRC, neuromonitorización o inestabilidad.

Elaboración: según los hallazgos de riesgo y seguridad de (Chromik et al., 2022; Dall’Ora et al., 2022; Ghaderi et al., 2022; Rae et al., 2021; Shaoru et al., 2023; Xu et al., 2025).

Implicaciones para la práctica y recomendaciones de implementación

Para trasladar la monitorización multimodal desde un paradigma tecnológico hacia un modelo centrado en la seguridad y el cuidado del paciente, las organizaciones de salud deben abordar estrategias multidimensionales las cuales implican factores clínicos,

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

educativos, de gestión y seguridad. En la Tabla 3 se estructuran estas recomendaciones operativas derivadas de esta revisión, clasificadas por niveles e indicadores de calidad sugeridos.

Tabla 3.
Recomendaciones para implementar monitorización multimodal centrada en enfermería.

Nivel	Recomendación	Indicador sugerido
Clínico	Protocolizar verificación diaria de sensores, transductores, alarmas y condiciones de validez de parámetros.	Porcentaje de turnos con checklist completo y firmado.
Educativo	Entrenar lectura de ondas arteriales, curvas ventilatorias, PIC, cEEG básico, TRRC y respuesta a alarmas mediante simulación.	Cumplimiento anual de competencias y escenarios de alta fidelidad.
Gestión	Ajustar ratio enfermera-paciente por agudeza y carga tecnológica, no solo por número de camas.	Uso de escala de carga de trabajo y eventos omitidos.
Seguridad	Implementar programa institucional de gestión de alarmas clínicas.	Tasa de alarmas no accionables, tiempos de respuesta y eventos relacionados.
Tecnología	Adquirir plataformas con integración de datos, priorización inteligente y visualización de tendencias.	Satisfacción del usuario, reducción de alarmas y tiempos de identificación de deterioro.

Elaboración: según las recomendaciones operativas y de gestión de (Chromik et al., 2022; Michard et al., 2025; Pinsky & Cecconi, 2022; Rae et al., 2021; Walshe et al., 2021).

La tabla 3 presenta un conjunto de recomendaciones orientadas a la implementación de una monitorización multimodal centrada en enfermería, entendida no solo como la incorporación de dispositivos tecnológicos a la cabecera del paciente, sino como un modelo organizado de vigilancia clínica, seguridad, educación continua, gestión del recurso humano e integración inteligente de datos. Desde el nivel clínico, la protocolización de la verificación diaria de sensores, transductores, alarmas y condiciones de validez de los parámetros constituye una acción prioritaria, debido a que la confiabilidad del dato es el primer paso para una toma de decisiones segura. En este

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

sentido, la enfermería cumple un rol esencial al confirmar la correcta nivelación de los transductores, la calidad de las ondas, la permeabilidad de los sistemas, la adecuada colocación de sensores y la pertinencia clínica de las alarmas antes de comunicar hallazgos o activar intervenciones.

A nivel educativo, la tabla destaca la necesidad de fortalecer competencias avanzadas mediante simulación clínica, especialmente en la lectura de ondas arteriales, curvas ventilatorias, presión intracraneal, electroencefalografía continua básica, terapia de reemplazo renal continua y respuesta ante alarmas críticas. Esta recomendación es fundamental porque la monitorización multimodal exige razonamiento clínico, reconocimiento de patrones, identificación de artefactos y capacidad para anticipar el deterioro, competencias que no se consolidan únicamente con la exposición rutinaria al paciente crítico, sino con entrenamiento deliberado, evaluación periódica y escenarios de alta fidelidad. Desde la gestión, se propone ajustar la ratio enfermera-paciente según la agudeza clínica y la carga tecnológica, y no exclusivamente por el número de camas disponibles.

Esta perspectiva reconoce que un paciente con neuromonitorización invasiva, ventilación mecánica, soporte vasopresor, terapia de reemplazo renal continua o múltiples sistemas de alarma demanda mayor vigilancia, más tiempo de análisis y mayor capacidad de respuesta, por lo que la dotación insuficiente puede favorecer eventos omitidos, fatiga del personal y fallos en el rescate clínico. En el ámbito de la seguridad, la implementación de un programa institucional de gestión de alarmas clínicas resulta indispensable para reducir alarmas no accionables, mejorar los tiempos de respuesta y evitar la desensibilización del equipo ante señales críticas. La gestión adecuada de alarmas no implica silenciarlas de forma indiscriminada, sino individualizar límites, revisar sensores, priorizar alertas relevantes y establecer rutas claras de escalamiento. Finalmente, en el nivel tecnológico, la adquisición de plataformas capaces de integrar datos, priorizar señales y visualizar tendencias representa una oportunidad para mejorar la conciencia

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

situacional de enfermería, siempre que dichas herramientas se diseñen pensando en el usuario clínico y no aumenten la carga documental o cognitiva.

DISCUSIÓN

Esta sección analiza los hallazgos descritos, interpretando el rol de enfermería como el componente cognitivo superior dentro de un sistema sociotécnico y evaluando los desafíos del entorno tecnológico actual.

Conceptualización actual de la monitorización multimodal

La monitorización multimodal no debe definirse únicamente por la presencia de múltiples dispositivos. Su rasgo distintivo es la integración de señales complementarias para responder preguntas clínicas específicas: ¿el cerebro recibe y utiliza oxígeno?, ¿el gasto cardíaco sostiene la perfusión?, ¿la ventilación protege o lesiona el pulmón?, ¿la terapia hídrica mejora la perfusión o genera sobrecarga?, ¿la alteración metabólica refleja hipoperfusión persistente? En este sentido, el valor del sistema depende de la calidad de los datos, de la interpretación contextual y de la respuesta oportuna (Barrit et al., 2024; Kulkarni et al., 2022; Pinsky & Cecconi, 2022).

La enfermería participa en las tres fases críticas del proceso. Primero, asegura datos válidos mediante nivelación, calibración, adhesión correcta de sensores, eliminación de artefactos y verificación de parámetros programados. Segundo, interpreta tendencias más que valores aislados, relacionando los datos con exploración física, procedimientos, sedación, ventilación, fármacos vasoactivos, balance hídrico y respuesta a intervenciones. Tercero, comunica y actúa dentro de protocolos institucionales para prevenir lesión secundaria, fallo multiorgánico y eventos adversos evitables. Es así como en este contexto se puede confirmar que la monitorización multimodal del paciente crítico se organiza en varios dominios.

Por otro lado, el control glucémico en el paciente crítico debe evitar tanto hiperglucemia persistente como hipoglucemia iatrogénica. Las guías SCCM 2024 recomiendan que la

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

administración de insulina se guíe por herramientas explícitas de decisión clínica y monitorización frecuente, especialmente durante inestabilidad glucémica; en adultos críticos se evita el control intensivo estricto por riesgo de hipoglucemia (Honarmand et al., 2024). La enfermería cumple su rol en la toma de muestras, verificación de bomba, doble chequeo, detección de cambios nutricionales y respuesta ante hipoglucemia.

El lactato, por ejemplo, no debe interpretarse como sinónimo exclusivo de hipoxia tisular, pero en sepsis y shock conserva valor pronóstico y terapéutico cuando se sigue de manera seriada. La guía Surviving Sepsis Campaign 2021 mantiene la medición de lactato como componente de evaluación inicial y revaloración de perfusión, integrada a presión arterial, diuresis, estado mental, llenado capilar, temperatura periférica y necesidad de vasopresores (Chromik et al., 2022; Evans et al., 2021).

Enfermería como integradora cognitiva del monitoreo multimodal

La principal contribución de enfermería no es registrar datos, sino sintetizarlos. La enfermera experta identifica patrones temporales, cruza dominios fisiológicos y contextualiza el dato con procedimientos recientes, fármacos, posición, dolor, sedación, fiebre, asincronía ventilatoria, secreciones, balance hídrico y respuesta previa a intervenciones. Esta integración genera conciencia situacional: percibir señales relevantes, comprender su significado y anticipar la trayectoria del paciente (Grasselli et al., 2023; Walshe et al., 2021).

El rol cognitivo y la conciencia situacional en sistemas sociotécnicos

Los resultados permiten interpretar que la monitorización multimodal trasciende la función instrumental y operativa. Se configura como un sistema sociotécnico donde existe una simbiosis clínica: la tecnología actúa amplificando la capacidad de detección mediante señales objetivas, pero es el profesional de enfermería quien ejerce el rol cognitivo superior (Grasselli et al., 2023; Hirsch et al., 2021).

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

Este rol cognitivo se manifiesta en tres fases críticas (preparación del dato, interpretación de tendencias en contexto e intervención protocolizada). La capacidad de enfermería para correlacionar dominios fisiológicos (por ejemplo, notar que una elevación de la PIC responde a una asincronía ventilatoria o a una hipercapnia, y no a una causa neuroquirúrgica pura) es lo que verdaderamente genera conciencia situacional. Interpretar variables de forma aislada promueve intervenciones erróneas o insuficientes, como la administración de soluciones osmóticas innecesarias o el uso de fluidoterapia de rescate basada en una VVS elevada en un paciente con arritmias o esfuerzo respiratorio espontáneo, situaciones que invalidan matemáticamente el parámetro.

Desafíos humanos y sistémicos de la tecnología en UCI

A pesar de los beneficios teóricos de la monitorización multimodal, la literatura revela severas barreras organizacionales e individuales para su optimización:

- **Fatiga por alarmas:** La proliferación de alertas técnicamente correctas, pero clínicamente irrelevantes genera desensibilización sensorial y retrasos en la respuesta asistencial (Chromik et al., 2022; Shaoru et al., 2023). Esto demuestra que una mayor carga de datos no equivale a mayor seguridad si no se aplican filtros inteligentes y personalización de rangos a la cabecera del paciente.
- **Carga cognitiva y dotación:** La dispersión de información en múltiples pantallas incrementa la carga extrínseca de trabajo. La evidencia asocia de forma directa la subdotación de personal (ratios inadecuadas) con la omisión de la vigilancia y fallos en el rescate clínico (Dall’Ora et al., 2022; Rae et al., 2021). Por ende, los sistemas de monitorización exigen una dotación calculada según la agudeza y la complejidad tecnológica del paciente (pacientes con TRRC o ECMO, por ejemplo) y no por el conteo estándar de camas.
- **Inteligencia artificial (IA) y soporte de decisiones:** Los algoritmos predictivos e integradores de datos (como los que anticipan hipotensión o titulan variables

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

hemodinámicas) emergen como herramientas valiosas para optimizar el flujo de trabajo y mitigar la carga documental. Sin embargo, en concordancia con Lim et al. (2024) y Michard et al. (2025), estas tecnologías aún afrontan serias limitaciones de validación externa, interoperabilidad y sesgos de datos. La IA debe potenciar la conciencia situacional del clínico sin sustituir el juicio humano; si la tecnología solo añade demandas documentales, se transforma en un factor de riesgo para la seguridad del paciente.

Existen sistemas de alerta temprana con algoritmos guiados por Inteligencia Artificial (IA) que están incorporados al software de algunos monitores que pueden apoyar este proceso, pero no sustituyen el juicio clínico ni la vigilancia continua. Las revisiones sobre estos sistemas tempranos muestran que su efectividad depende de medición confiable, escalamiento oportuno, cultura de seguridad y recursos para responder (McGaughey et al., 2021; Walshe et al., 2021).

Por tanto, la monitorización multimodal centrada en enfermería debe comprenderse como una estrategia institucional que articula tecnología, competencia profesional, seguridad del paciente y liderazgo clínico. Su éxito depende de la capacidad de transformar datos dispersos en información útil, interpretar tendencias en contexto, comunicar oportunamente el deterioro y evaluar la respuesta a las intervenciones. Así, la enfermería actúa como un eje integrador del cuidado crítico, capaz de convertir la vigilancia tecnológica en decisiones clínicas oportunas, seguras y humanizadas

CONCLUSIONES

La monitorización multimodal ha transformado la UCI en un entorno capaz de describir la fisiología del paciente crítico con una profundidad inédita. No obstante, su valor clínico no reside en la cantidad de pantallas, sino en la capacidad del equipo para convertir datos en decisiones. En este proceso, enfermería ocupa una posición estratégica: valida la

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

calidad de la señal, detecta artefactos, interpreta tendencias, reconoce deterioro, ejecuta medidas preventivas y comunica cambios críticos.

El profesional de enfermería es el integrador cognitivo del sistema multimodal. Su vigilancia continua permite relacionar neuromonitorización, perfusión, ventilación, balance hídrico, metabolismo y respuesta terapéutica. Esta integración sostiene la conciencia situacional y reduce el riesgo de fallo en el rescate.

Los principales riesgos para el desempeño de este rol son humanos y sistémicos: fatiga por alarmas, carga cognitiva, fragmentación tecnológica, baja dotación, formación insuficiente y cultura de seguridad débil. Por ello, mejorar la monitorización multimodal exige protocolos, simulación, ratios seguros, gestión inteligente de alarmas y tecnología centrada en el usuario.

La inteligencia artificial y los sistemas de soporte a la decisión clínica deben incorporarse como herramientas de aumento cognitivo, no como sustitutos del juicio enfermero. Su éxito dependerá de la calidad de los datos, el aporte explicativo, la validación externa y la integración real al flujo clínico.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés en la publicación de este artículo.

FINANCIAMIENTO

Autofinanciado.

AGRADECIMIENTO

A todos los agentes sociales involucrados en el proceso investigativo.

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Barrit, S., Al Barajraji, M., El Hadwe, S., Niset, A., Foreman, B., Park, S., Lazaridis, C., Shutter, L., Appavu, B., Kirschen, M., Montellano, F., Rass, V., & Taccone, F. (2024). Intracranial multimodal monitoring in neurocritical care (Neurocore-iMMM): An open, decentralized consensus. *Critical Care*, 28, 427. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05211-8>
- Chromik, J., Keller, M., Kraywinkel, K., Röhrig, R., & Strehlow, L. (2022). Computational approaches to alleviate alarm fatigue in intensive care medicine: A systematic literature review. *Frontiers in Digital Health*, 4, 843747. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2022.843747>
- Dall'Ora, C., Saville, C., Rubbo, B., Turner, L., Jones, J., & Griffiths, P. (2022). Nurse staffing levels and patient outcomes: A systematic review of longitudinal studies. *International Journal of Nursing Studies*, 134, 104311. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2022.104311>
- Evans, L., Rhodes, A., Alhazzani, W., Antonelli, M., Coopersmith, C., French, C., Machado, F., McIntyre, L., Ostermann, M., Prescott, H., Schorr, C., Simpson, S., Wiersinga, W., Alshamsi, F., Angus, D., Arabi, Y., Azevedo, L., Beale, R., Beilman, G., & Levy, M. (2021). Surviving Sepsis Campaign: International guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Medicine*, 47(11), 1181-1247. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06506-y>
- Ghaderi, C., Esmaeili, R., & Ebadi, A. (2022). Situation awareness in intensive care unit nurses: A qualitative directed content analysis. *Frontiers in Public Health*, 10, 999745. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.999745>
- Grasselli, G., Calfee, C., Camporota, L., Poole, D., Amato, M., Antonelli, M., Arabi, Y., Barbas, C., Beitler, J., Brochard, L., Brower, R., Cavalcanti, A., Combes, A., & Ferguson, N. (2023). ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: Definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Medicine*, 49(7), 727-759. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07050-7>

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lisette Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

- Hirsch, L., Fong, M., Leitinger, M., LaRoche, S., Beniczky, S., Abend, N., Lee, J., Wusthoff, C., Kane, N., & Westover, M. (2021). American Clinical Neurophysiology Society's standardized critical care EEG terminology: 2021 version. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 38(1), 1-29.
<https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000806>
- Honarmand, K., Sirimatuross, M., Hirshberg, E., Bircher, N., Agus, M., Carpenter, D., Downs, C., Farrington, E., Freire, A., Grow, A., Irving, S., Krinsley, J., Lanspa, M., Long, M., Nagpal, D., Preiser, J.-C., Srinivasan, V., Umpierrez, G., & Jacobi, J. (2024). Society of Critical Care Medicine guidelines on glycemic control for critically ill children and adults 2024. *Critical Care Medicine*, 52.
<https://doi.org/10.1097/CCM.00000000000006174>
- Klompas, M., Branson, R., Eichenwald, E., Greene, L., Howell, M., Lee, G., Magill, S., Maragakis, L., Priebe, G., Speck, K., Yokoe, D., & Berenholtz, S. (2022). Strategies to prevent ventilator-associated pneumonia, ventilator-associated events, and nonventilator hospital-acquired pneumonia in acute-care hospitals: 2022 update. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 43(6), 687-713.
<https://doi.org/10.1017/ice.2022.88>
- Kulkarni, A., Govil, D., Samavedam, S., Srinivasan, S., Ramasubban, S., Venkataraman, R., Pichamuthu, K., Jog, S., Divatia, J., & Myatra, S. (2022). ISCCM guidelines for hemodynamic monitoring in the critically ill. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 26(Suppl 2), S66-S76. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24301>
- Lim, L., Lee, H., Kim, J., Park, S., Lee, J., & Kim, Y. (2024). Real-time machine learning model to predict short-term mortality in critically ill patients: Development and international validation. *Critical Care*, 28, 114. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-04866-7>
- McGaughey, J., O'Halloran, P., Porter, S., & Blackwood, B. (2021). Early warning systems and rapid response systems for the prevention of patient deterioration on acute adult hospital wards. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(11), CD005529. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005529.pub3>

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-Abata

- Michard, F., Mulder, M., Gonzalez, F., & Sanfilippo, F. (2025). AI for the hemodynamic assessment of critically ill and surgical patients: Focus on clinical applications. *Annals of Intensive Care*, 15, 26. <https://doi.org/10.1186/s13613-025-01448-w>
- Monnet, X., Cecconi, M., De Backer, D., Bakker, J., Mebazaa, A., & Teboul, J.-L. (2025). ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring. *Intensive Care Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s00134-025-08137-z>
- Pinsky, M., & Cecconi, M. (2022). Effective hemodynamic monitoring. *Critical Care*, 26, 294. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04173-z>
- Rae, P., Pearce, S., Greaves, P., Dall'Ora, C., Griffiths, P., & Endacott, R. (2021). Outcomes sensitive to critical care nurse staffing levels: A systematic review. *Intensive and Critical Care Nursing*, 67, 103110. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2021.103110>
- Shaoru, C., Hui, Z., Su, W., Ruxin, J., Huiyi, Z., Hongmei, Z., & Hongyan, Z. (2023). Determinants of medical equipment alarm fatigue in practicing nurses: A systematic review. *SAGE Open Nursing*, 9, 23779608231207227. <https://doi.org/10.1177/23779608231207227>
- Tas, J., Czosnyka, M., van der Horst, I., Park, S., van Heugten, C., Sekhon, M., Robba, C., Menon, D., Zeiler, F., & Aries, M. (2022). Cerebral multimodality monitoring in adult neurocritical care patients with acute brain injury: A narrative review. *Frontiers in Physiology*, 13, 1071161. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1071161>
- Teixeira, J., Hiremath, S., Kabli, A., Rewa, O., & Clark, E. (2025). Continuous kidney replacement therapies: Core Curriculum 2025. *American Journal of Kidney Diseases*, 85(6), 767-786. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2024.09.015>
- Vitt, J., Truong, T., Kiflezghi, M., Gonzalez, D., Riker, R., & Lazaridis, C. (2023). Multimodal and autoregulation monitoring in the neurointensive care unit. *Frontiers in Neurology*, 14, 1155986. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1155986>
- Walshe, N., Ryng, S., Drennan, J., O'Connor, P., O'Brien, S., Crowley, C., & Hegarty, J. (2021). Situation awareness and the mitigation of risk associated with patient deterioration: A meta-narrative review of theories and models and their relevance to nursing practice. *International Journal of Nursing Studies*, 124, 104086. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.104086>

Jaime Enrique Castellanos-Guevara, Juleiky García-Beracieto, Lissete Zambrano-Sanguinetti, Annie Sareth Lemus-
Abata

Xu, D., Li, X., Zhang, Y., Chen, L., & Wang, J. (2025). Exploring ICU nurses' response to alarm management and strategies for alleviating alarm fatigue: A meta-synthesis and systematic review. *BMC Nursing*, 24, 359. <https://doi.org/10.1186/s12912-025-03084-y>

Yu, X., Ouyang, L., Li, J., Peng, Y., Zhong, D., Yang, H., & Zhou, Y. (2024). Knowledge, attitude, practice, needs, and implementation status of intensive care unit staff toward continuous renal replacement therapy: A survey of 66 hospitals in central and South China. *BMC Nursing*, 23, 472. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01953-6>

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).