



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Facultad de Medicina

Instituto Mexicano del Seguro Social

Trabajo de investigación para obtener el diploma de especialidad en Medicina interna:

“Termografía como método para detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica vs tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del hospital general de zona HGZ 50 en San Luis Potosí.”

Registro SIRELCIS: R-2025-2402-050

Presenta:

Dra. Lorena Abril Flores Avendaño

Directores clínicos

Dr. Juan Diego de Jesús Macías Limón

Médico de base de la Unidad de Cuidados Intensivos

Hospital General de Zona No. 50.

Dr. Dr. José Ali Barraza Celis

Médico de base de la Unidad de Cuidados Intensivos

Hospital General de Zona No. 50.

Director metodológico

Dr Luis Meave Gutiérrez

Profesor Investigador adscrito al Departamento de Salud Pública
Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

San Luis Potosí, marzo 2026



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Facultad de Medicina

Instituto Mexicano del Seguro Social

Trabajo de investigación para obtener el diploma de especialidad en Medicina interna:

“Termografía como método para detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica vs tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del hospital general de zona HGZ 50 en San Luis Potosí.”

Registro SIRELCIS: R-2025-2402-050

Presenta:

Dra. Lorena Abril Flores Avendaño

Directores clínicos

Dr. Juan Diego de Jesús Macías Limón

Médico de base de la Unidad de Cuidados Intensivos

Hospital General de Zona No. 50.

Dr. Dr. José Ali Barraza Celis

Médico de base de la Unidad de Cuidados Intensivos

Hospital General de Zona No. 50.

Director metodológico

Dr. Luis Meave Gutiérrez

Profesor Investigador adscrito al Departamento de Salud Pública

Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Jorge Alfredo García Hernández

Presidente de Jurado

Dra. Dolores Leticia Mendoza Oliva

Sinodal

Dr. Jorge David Pérez Rodríguez

Sinodal

Dr. Jonani Emmanuel Quistian Ramírez

Sinodal suplente



Termografía como método para detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica vs tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del hospital general de zona HGZ 50 en San Luis Potosí. © 2026 por Lorena Abril Flores Avendaño se distribuye bajo Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Resumen

Termografía como método para detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica vs tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del hospital general de zona HGZ 50 en San Luis Potosí.

Autores: Dr. Juan Diego de Jesús Macías Limón, Dr. José Alí Barraza Celis, Dr. Luis Meave Gutiérrez, Dra. Lorena Abril Flores Avendaño

Antecedentes: La sepsis representa un problema de salud pública global. Según la Organización Mundial de la Salud, es una de las principales causas de muerte prevenible en hospitales, estimando de 48.9 millones de casos y 11 millones de muertes anuales en todo el mundo. Se caracteriza por una disfunción orgánica inducida por una respuesta desregulada del huésped a la infección, cuya progresión se acompaña de alteraciones celulares, metabólicas y microcirculatorias que deterioran la perfusión tisular, constituyendo su manifestación de gravedad ya que puede evolucionar hacia la falla orgánica múltiple: el choque séptico.

Las herramientas diagnósticas clínicas dependen del tiempo de llenado capilar, teniendo la limitación de ser un método subjetivo. El diagnóstico oportuno de hipoperfusión permite la reanimación óptima en pacientes que conservan coherencia hemodinámica, lo que permite retorno a la perfusión orgánica, impactando en los días de estancia, complicaciones asociadas y mortalidad.

Las cámaras térmicas permiten la medición en tiempo real de la temperatura de la piel, lo que podría proporcionar información valiosa sobre la perfusión periférica de manera no invasiva y objetiva. Evaluar la correlación entre los patrones térmicos y los marcadores convencionales de choque podría mejorar la identificación temprana de hipoperfusión en pacientes graves

Objetivo: Comparar la capacidad de detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica mediante termografía vs llenado capilar en pacientes con sepsis del Hospital General de Zona 50 del IMSS.

Material y métodos: Se llevó a cabo un estudio de cohorte prospectivo en el Hospital General de Zona 50 en San Luis Potosí del 15 de junio de 2025 hasta el 15 de febrero 2026.

Resultados: La termografía mostró alta sensibilidad y valor predictivo negativo, pero no superioridad consistente frente al llenado capilar para correlacionarse sostenidamente con coherencia hemodinámica clínica.

Palabras clave: sepsis, choque séptico, hipoperfusión, coherencia hemodinámica, termografía, llenado capilar.

Índice

Índice	2
Lista de Tablas.....	5
Lista de Gráficos.....	5
Definiciones	C
Abreviaturas.....	3
Marco teórico	11
Antecedentes.....	11
Sepsis.....	11
Choque séptico	12
Mecanismos fisiopatológicos.....	13
Fase de Iniciación (0-6 horas) – Activación Inmune Innata	13
Fase Humoral (6-24 horas) – Amplificación Inflamatoria y Disfunción Endotelial.....	13
Fase de Disfunción Microcirculatoria y Metabólica (Día 1-3) – Hipoxia Tisular y Alteración Mitocondrial.....	14
Fase de Resolución o Persistencia (Día 3 en adelante) – Recuperación o Inmunoparálisis.....	15
Coherencia hemodinámica	16
Llenado Capilar	16
Otras herramientas tecnológicas para monitorear la perfusión tisular	17
Cámara infrarroja.....	18
Justificación.....	20
Planteamiento del problema.....	21
Pregunta de investigación	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos.....	22
Hipótesis.....	22
Material y métodos	23
Tipo de estudio.....	23
Lugar de estudio	23
Universo de trabajo.....	23
Tamaño de la muestra.....	23
Métodos	25
Tiempo de estudio.....	26
Criterios de selección	26

Criterios de inclusión.....	26
Criterios de exclusión.....	27
Criterios de eliminación.....	27
Tipo de variables.....	27
Variables independientes	27
Variables dependientes	27
Variables confusoras (covariables).....	27
Descripción del instrumento.	32
Análisis de datos	33
Aspectos éticos	33
Análisis y Resultados.....	35
Características demográficas y clínicas de la población.....	35
Tamaño muestral y comportamiento longitudinal	35
Distribución por sexo	35
Edad	36
Comorbilidades	38
Mortalidad intrahospitalaria	38
Uso inicial de aminos.....	39
Evolución hemodinámica y térmica seriada en pacientes con sepsis	40
Estructura del análisis longitudinal.....	40
Variables macrohemodinámicas.....	40
Análisis pronóstico por tiempo de medición.....	4G
Asociación entre hipoperfusión periférica y necesidad futura de aminos vasoactivas.....	56
Análisis comparativo global: llenado capilar vs termografía (ΔT)	56
Análisis multivariado ajustado por uso basal de aminos	57
Perfusión periférica y coherencia hemodinámica.....	5G
Perfusión por llenado capilar y evolución macrohemodinámica futura	59
Perfusión por termografía (Δ térmico distal–palmar) y evolución macrohemodinámica futura	61
Integración comparativa.....	62
Cumplimiento del Objetivo General	66
Cumplimiento de Objetivos Específicos.....	66
Evaluación de la Hipótesis	67
Resultados relevantes para la decisión	67
Conclusiones	72
Discusión	C3
Anexos.....	75
Cronograma de actividades.....	75
Cédula de recolección de datos	77

Criterios diagn3sticos de choque séptico (Sepsis-3)	78
Escala SOFA.....	78
Carta de no inconvenientes	7G
Consentimiento informado.	80
<i>Referencias</i>	82

Lista de Tablas

Tabla 1.....	36
Tabla 2.....	37
Tabla 3.....	45
Tabla 4.....	49
Tabla 5.....	49
Tabla 6.....	52
Tabla 7.....	53
Tabla 8.....	56
Tabla 9.....	57
Tabla 10.....	58
Tabla 11.....	59
Tabla 12.....	61
Tabla 13.....	63
Tabla 14.....	64
Tabla 15.....	65
Tabla 16.....	65

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Distribución por sexo.....	36
Gráfico 2 Distribución de edad	37
Gráfico 3 Sitio de Infección.....	38
Gráfico 4 Mortalidad	39
Gráfico 5 Mortalidad por sexo.....	43
Gráfico 6 Mortalidad de diabetes	43
Gráfico 7 Mortalidad en Hipertensión.....	44
Gráfico 8 Mortalidad en sobrepeso.....	44
Gráfico 9 Mortalidad en sobrepeso	45
Gráfico 10 Número de comorbilidades.....	45
Gráfico 11 Mortalidad por sitio de infección	47
Gráfico 12 Uso de Aminas.....	47
Gráfico 13 Mortalidad en intubación orotraqueal.....	48
Gráfico 14 Valores de Chi	55

Definiciones

Acidosis láctica: Trastorno metabólico caracterizado por acumulación de lactato y disminución del pH sanguíneo.

Alteraciones hemodinámicas: Cambios anormales en la circulación sanguínea, presión arterial o gasto cardíaco que afectan la perfusión tisular.

Aminas vasoactivas: Fármacos utilizados para modificar el tono vascular o el gasto cardíaco con el objetivo de mantener la presión arterial y la perfusión tisular.

Anafilotoxinas: Fragmentos proteicos generados durante la activación del complemento que inducen inflamación, aumento de permeabilidad vascular y quimiotaxis de leucocitos.

Capilaroscopia: Técnica de visualización directa de los capilares superficiales, generalmente en mucosa o lecho ungueal.

Capilaroscopia sublingual: Técnica de visualización directa de la microcirculación mediante microscopía aplicada a la mucosa sublingual.

Choque criptogénico: Estado de hipoperfusión tisular en el que no se identifican inicialmente alteraciones hemodinámicas evidentes, pero existe compromiso metabólico y microcirculatorio.

Choque distributivo: Tipo de choque caracterizado por vasodilatación sistémica y redistribución anormal del flujo sanguíneo.

Choque oculto: Hipoperfusión tisular sin signos hemodinámicos clásicos de choque, detectable mediante marcadores de perfusión periférica o metabólicos.

Choque séptico: Forma más grave de sepsis caracterizada por anomalías circulatorias, celulares y metabólicas que producen hipoperfusión tisular persistente y alta mortalidad.

Choque séptico refractario: Forma grave de choque séptico en la que la hipotensión y la hipoperfusión persisten a pesar del tratamiento adecuado con líquidos y vasopresores.

Coagulación intravascular diseminada: Trastorno caracterizado por activación sistémica de la coagulación con formación difusa de microtrombos y consumo de factores de coagulación.

Coherencia hemodinámica: Relación entre los parámetros macrocirculatorios (presión arterial, gasto cardíaco) y la perfusión microvascular efectiva de los tejidos.

Coherencia hemodinámica clínica: Relación entre parámetros hemodinámicos sistémicos y la perfusión tisular efectiva observada clínicamente.

Coherencia hemodinámica periférica dinámica: Concepto que describe la relación cambiante entre perfusión periférica y estado hemodinámico global a lo largo del tiempo, reflejando diferentes fases fisiopatológicas del choque.

Curva pletismográfica: Representación gráfica de las variaciones del flujo sanguíneo detectadas por pletismografía.

Curva ROC: Curva que representa la relación entre sensibilidad y 1-especificidad para distintos puntos de corte de una prueba diagnóstica.

Curtosis: Medida que describe la concentración de valores en torno a la media en una distribución.

Densidad capilar funcional: Número de capilares perfundidos activamente en un territorio tisular.

Detección temprana de choque: Identificación precoz de alteraciones hemodinámicas o perfusión inadecuada antes de que aparezcan signos clínicos evidentes.

Disfunción endotelial: Alteración en la función normal del endotelio que conduce a aumento de permeabilidad vascular, activación inflamatoria y alteraciones en la coagulación.

Disfunción microcirculatoria: Alteración en la estructura o función de la microcirculación que impide la adecuada distribución del flujo sanguíneo en los tejidos.

Disfunción orgánica: Alteración en el funcionamiento de uno o más órganos que impide mantener la homeostasis fisiológica sin intervención médica.

Especies reactivas de oxígeno: Moléculas altamente reactivas derivadas del oxígeno que participan en mecanismos antimicrobianos pero también pueden causar daño celular.

Espectroscopía infrarroja cercana: Método óptico que evalúa la oxigenación tisular midiendo la absorción de luz infrarroja por hemoglobina.

Falla orgánica múltiple: Disfunción progresiva de dos o más órganos vitales que impide mantener la homeostasis sin soporte médico.

Glicocáliz endotelial: Capa de glicoproteínas y proteoglicanos que recubre el endotelio y participa en la regulación de permeabilidad, señalización y flujo vascular.

Hiperperfusión ineficaz: Estado en el que existe flujo sanguíneo elevado en ciertos territorios sin lograr una adecuada oxigenación tisular.

Hipoperfusión: Estado en el cual el flujo sanguíneo hacia los tejidos es insuficiente para satisfacer las demandas metabólicas celulares, lo que puede conducir a disfunción orgánica.

Hipotensión: Disminución anormal de la presión arterial que compromete la perfusión tisular.

Hipovolemia: Disminución del volumen circulante efectivo en el sistema vascular.

Hipoxia disociativa: Fenómeno en el cual existe oxígeno disponible en la sangre, pero los tejidos no pueden utilizarlo eficazmente.

Hipoxia tisular: Estado en el cual los tejidos reciben una cantidad insuficiente de oxígeno para mantener el metabolismo celular normal.

Homeostasis: Capacidad del organismo para mantener condiciones fisiológicas internas estables frente a cambios externos o internos.

Imagen térmica: Representación visual de la distribución de temperatura en una superficie corporal.

Índice de choque: Parámetro clínico calculado como frecuencia cardiaca dividida entre presión arterial sistólica, utilizado para evaluar inestabilidad hemodinámica.

Índice de flujo microvascular: Parámetro utilizado en estudios de microcirculación que cuantifica la calidad del flujo sanguíneo en los capilares.

Índice de perfusión periférica: Parámetro obtenido mediante dispositivos de oximetría que evalúa la intensidad del flujo sanguíneo pulsátil en los tejidos periféricos.

Índice de Youden: Medida utilizada para determinar el punto de corte óptimo en una prueba diagnóstica, calculada como sensibilidad + especificidad - 1.

Inmunoparálisis: Estado de inmunosupresión secundaria a sepsis prolongada, caracterizado por disminución de la actividad inmunitaria, reducción de la presentación de antígenos y mayor susceptibilidad a infecciones oportunistas.

Lactato sérico: Marcador metabólico utilizado para evaluar hipoperfusión tisular y metabolismo anaerobio.

Llenado capilar: Marcador clínico de perfusión periférica que evalúa el tiempo que tarda la piel en recuperar su color tras una compresión.

Macrocirculación: Sistema circulatorio compuesto por vasos sanguíneos de gran calibre responsables del mantenimiento de la presión arterial y el flujo sistémico.

Microcirculación: Red de arteriolas, capilares y vénulas donde ocurre el intercambio de oxígeno, nutrientes y metabolitos entre sangre y tejidos.

Microscopía microvascular: Técnica que permite visualizar directamente la microcirculación en tejidos vivos.

Mottling: Patrón cutáneo moteado producido por alteraciones en la perfusión microvascular, asociado con mal pronóstico en choque séptico.

Patrones moleculares asociados a daño: Moléculas liberadas por células dañadas o necróticas que activan la respuesta inflamatoria.

Patrones moleculares asociados a patógenos: Estructuras moleculares conservadas presentes en microorganismos que son reconocidas por el sistema inmunitario innato.

Presión arterial media: Promedio de presión en las arterias durante un ciclo cardíaco completo y principal determinante de la perfusión de órganos vitales.

Presión de pulso: Diferencia entre la presión arterial sistólica y la presión arterial diastólica, utilizada como indicador indirecto de volumen sistólico y estado hemodinámico.

Sepsis: Condición clínica caracterizada por disfunción orgánica potencialmente mortal causada por una respuesta desregulada del huésped ante una infección.

Temperatura corporal basal: Temperatura normal del organismo en condiciones de reposo.

Temperatura distal absoluta: Temperatura medida directamente en una región anatómica distal (por ejemplo, orтеjos o falanges), utilizada como indicador indirecto de perfusión periférica.

Termografía: Técnica de imagen no invasiva que detecta radiación infrarroja para medir la temperatura superficial corporal.

Tiempo de llenado capilar: Prueba clínica que evalúa la perfusión periférica midiendo el tiempo que tarda la piel en recuperar su color tras compresión.

Video microscopía: Método de imagen que utiliza cámaras microscópicas para evaluar el flujo sanguíneo capilar en tiempo real.

Abreviaturas

ATP: Adenosine Triphosphate

C3a: Componente 3a del sistema del complemento

C5a: Componente 5a del sistema del complemento

CID: Coagulación intravascular diseminada

°C Grados Celsius

DAMP's: Damage-Associated Molecular Patterns (Patrones moleculares asociados a daño, por sus siglas en inglés)

ExpB: Exponente del coeficiente B en regresión logística

FLIR: Forward Looking Infrared (cámara infrarroja térmica)

gl: Grados de libertad

IL-1 β : Interleucina 1 beta

IL-6: Interleucina 6

iNOS: Inducible Nitric Oxide Synthase (óxido nítrico sintasa inducible)

IOT: Intubación orotraqueal

MFI: Microvascular Flow Index

mmHg: — Milímetros de mercurio

NF- κ B: Nuclear Factor kappa B

NIRS Near Infrared Spectroscopy

NO: Óxido nítrico

PAMPs: Pathogen-Associated Molecular Patterns (Patrones moleculares asociados a patógenos, por sus siglas en ingles)

PAM: Presión arterial media

PPI: Peripheral Perfusion Index (Índice de perfusión periférica)

PRR's: Pattern Recognition Receptors

PtiO₂: Presión tisular de oxígeno

PVC: Presión venosa central

qSOFA: quick Sequential Organ Failure Assessment

ROC: Receiver Operating Characteristic

ROS: Reactive Oxygen Species

SEPSIS-3: Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock

SIRS: Systemic Inflammatory Response Syndrome (Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica)

SOFA: Sequential Organ Failure Assessment

SvcO₂: Saturación venosa central de oxígeno

TLC: Tiempo de llenado capilar

TLR's: Toll-like Receptors (Receptores tipo Toll, por sus siglas en ingles)

TNF- α : Tumor Necrosis Factor alpha

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

Δ : Delta o diferencia

ΔT : Delta de temperatura (gradiente térmico distal–palmar)

Marco teórico

Antecedentes.

La sepsis ha sido reconocida desde la antigüedad como una manifestación grave de una infección. Hipócrates describió la fiebre pútrida como una condición de deterioro progresivo asociado con infecciones graves. Durante siglos, la comprensión de la sepsis fue limitada debido a la falta de conocimiento sobre los agentes infecciosos y la respuesta del huésped. Con el desarrollo de la microbiología en el siglo XIX, Louis Pasteur y Robert Koch identificaron bacterias patógenas como la causa de infecciones sistémicas, estableciendo la base para la teoría germinal de la enfermedad. (1)

En el siglo XX, la introducción de antibióticos y medidas de soporte intensivo mejoró significativamente la supervivencia de pacientes infectados, sin embargo, la sepsis seguía siendo una entidad con alta mortalidad. En 1991, el American College of Chest Physicians y la Society of Critical Care Medicine propusieron la primera definición de sepsis basada en la respuesta inflamatoria sistémica (SIRS). Sin embargo, esta definición permitía incluir pacientes sin disfunción orgánica significativa (2)

Con el tiempo se utilizaron criterios diagnósticos que combinaban características clínicas de los pacientes para su aplicación en salas fuera de terapia intensiva, tales como frecuencia respiratoria, integridad del estado neurológico y tensión arterial, así como la escala de quick SOFA (qSOFA), sin embargo, existen pacientes en los que no se encuentran alteraciones hemodinámicas pero presentan datos de hipoperfusión, estado al que se le ha denominado choque criptogénico, o choque oculto (3),

Las definiciones de sepsis evolucionaron para reflejar mejor la fisiopatología subyacente y los criterios clínicos. La tercera conferencia de consenso internacional sobre sepsis en 2016 (2) redefinió la sepsis como una disfunción orgánica causada por una respuesta desregulada del huésped a una infección. (4)

Sepsis.

La sepsis se define actualmente como "una disfunción orgánica potencialmente mortal causada por una respuesta desregulada del huésped a una infección". (2) La evaluación clínica de la disfunción orgánica se basa en el incremento de 2 o más puntos en la escala SOFA (Sequential Organ Failure Assessment), lo que se asocia con una mortalidad hospitalaria superior al 10% en países de primer mundo (5)

La disfunción orgánica en la sepsis es el resultado de una respuesta inflamatoria sistémica que afecta múltiples sistemas, incluyendo el cardiovascular, renal, respiratorio y neurológico. (6)

Aunque antiguamente el manejo de sepsis se centraba en el control de parámetros macro-circulatorios, se ha identificado que la alteración en la microcirculación es un factor clave en la fisiopatología de la sepsis, contribuyendo al deterioro de la oxigenación tisular y al fallo multiorgánico, impactando directamente sobre la mortalidad. (7)

Choque séptico

El choque séptico se considera una progresión de la sepsis, es decir, su forma más grave. Está caracterizado por anomalías circulatorias, celulares y metabólicas que aumentan sustancialmente la mortalidad. (8) Según el consenso de Sepsis-3, para su diagnóstico se requiere:

1. Necesidad de vasopresores para mantener una presión arterial media (PAM) ≥ 65 mmHg
2. Lactato sérico > 2 mmol/L a pesar de una resucitación adecuada con líquidos

Marton Papp y colaboradores describieron el papel que juegan el endotelio y su glucocálix en el choque séptico, ya que este mantiene la homeostasis y una función adecuada de los órganos, como la permeabilidad vascular, la coagulación, la inflamación y, junto con el músculo liso, el tono vascular. En el choque séptico se encuentran perdidas estas medidas de homeóstasis por lo que una vez iniciada la disfunción endotelial, existe adhesión plaquetaria a su capa, incremento de la permeabilidad capilar, disminución del tono vascular y resistencia a las catecolaminas, así como hipoxia tisular y disfunción mitocondrial se llega a un estado de hipoperfusión tisular severa que resulta la disfunción orgánica progresiva. (9)

A pesar de los avances en el manejo del choque séptico, sigue siendo una de las principales causas de mortalidad en la UCI, con tasas de letalidad cercanas al 40-50% incluso en Terapia Intensiva. (3) La reanimación en el choque séptico requiere un enfoque personalizado que incluya factores micro y macro circulatorios, como la optimización del gasto cardíaco, la restauración de la perfusión tisular y la monitorización de la coherencia hemodinámica. (7)

Mecanismos fisiopatológicos

Fase de Iniciación (0-6 horas) – Activación Inmune Innata

Durante las primeras horas después de que un agente infeccioso, ya sea una bacteria, virus, hongo o parásito, invade el organismo, se desencadena una respuesta inmune. La detección del patógeno ocurre a través de receptores de reconocimiento de patrones (PRRs), como los receptores tipo Toll (TLRs) y los receptores de lectina tipo C, que identifican patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPs) y patrones de daño celular (DAMPs) liberados por células en apoptosis o necrosis. (2)

Así se inicia la señalización a través del factor de transcripción NF- κ B, lo que estimula la producción de citocinas proinflamatorias:

TNF- α : Induce fiebre, aumenta la permeabilidad endotelial y promueve la apoptosis celular.

IL-1 β : Potencia la inflamación y estimula la producción de óxido nítrico (NO), promoviendo vasodilatación.

IL-6: Estimula la síntesis de proteínas de fase aguda en el hígado y modula la inflamación sistémica (5)

Además, se activan neutrófilos y macrófagos, que generan especies reactivas de oxígeno (ROS) y proteasas, promoviendo daño endotelial. Como consecuencia, la barrera vascular se ve comprometida, permitiendo la fuga capilar de proteínas y líquido al intersticio, lo que da lugar a hipovolemia relativa y edema tisular. (9)

Fase Humoral (6-24 horas) – Amplificación Inflamatoria y Disfunción Endotelial

A medida que la inflamación avanza, se activa el sistema del complemento. Las anafilotoxinas C3a y C5a potencian la quimiotaxis de neutrófilos y la liberación de mediadores inflamatorios. La disfunción endotelial es promovida por la activación de la vía del factor tisular, lo que desencadena la coagulación intravascular diseminada (CID) con formación de microtrombos en la microcirculación. (10)

El óxido nítrico (NO), sintetizado por la enzima óxido nítrico sintasa inducible (iNOS), causa una vasodilatación tal, que disminuye la resistencia vascular sistémica y contribuye a la hipotensión severa. Debido a que ya ocurrió la permeabilidad endotelial y pérdida de albúmina y líquidos al espacio intersticial, se incrementa la hipovolemia y el desarrollo de un estado de shock distributivo. (7)

En este punto ya existe hipoperfusión establecida y pérdida de la coherencia hemodinámica, independientemente de si existe normalización de la PAM, y esto puede deberse a los siguientes factores:

- a) Pérdida de la regulación del tono vascular: La vasodilatación patológica y la disfunción de los reflejos miogénicos por lo que aunque la PAM se restablezca con vasopresores, el flujo capilar sigue sin distribuirse de manera homogénea (10)
- b) Flujo sanguíneo heterogéneo: Áreas de hiperperfusión ineficaz coexisten con zonas de hipoxia severa, lo que genera un déficit global en la entrega de oxígeno a los tejidos.
- c) Obstrucción microvascular: La activación de la coagulación intravascular diseminada (CID) y la formación de microtrombos bloquean la perfusión efectiva en ciertos territorios, perpetuando la isquemia a nivel tisular (7)
- d) Deterioro en la extracción de oxígeno: A pesar de la presencia de oxígeno en algunas zonas del tejido, la disfunción mitocondrial impide su utilización, generando metabolismo anaerobio y acidosis láctica progresiva. (6)
- e) Disminución de la densidad capilar funcional: Se genera un flujo sanguíneo heterogéneo con zonas de hipoxia coexistiendo con regiones hiperperfundidas de manera inefectiva.
- f) Tiempo de llenado capilar prolongado (>3 segundos): La vasoconstricción periférica compensatoria y la microtrombosis reducen el flujo sanguíneo en la piel y otros órganos periféricos. (7)

Fase de Disfunción Microcirculatoria y Metabólica (Día 1-3) – Hipoxia Tisular y Alteración Mitocondrial

En esta fase, la perfusión tisular se encuentra severamente comprometida debido a incremento en la severidad de la microtrombosis, vasoplejía y disfunción mitocondrial, contribuyendo a la presencia de falla orgánica múltiple.

La reducción de la densidad capilar funcional y la alteración en el flujo sanguíneo generan un fenómeno conocido como hipoxia disociativa. Este fenómeno es uno de los principales responsables de la incoherencia hemodinámica en la sepsis. (8)

En esta etapa, la disfunción orgánica se hace evidente, con fallos en múltiples sistemas, cardiovascular, renal y nervioso, pudiendo generarse incluso encefalopatía séptica debido a la disrupción de la barrera hematoencefálica y el metabolismo cerebral alterado. (10)

Además de los mecanismos ya descritos se agregan:

Falla en la regulación del tono microvascular: Además de la vasodilatación, hay resistencia a catecolaminas impiden la adecuada redistribución del flujo.

Acidosis láctica severa y metabolismo anaerobio: La incapacidad de los tejidos para utilizar oxígeno de manera eficiente perpetúa la hipoperfusión.

Compromiso multiorgánico progresivo: La hipoxia sistémica y la disfunción mitocondrial agravan la falta de perfusión en los tejidos periféricos. (3)

Pérdida de la reactividad microvascular: La alteración del tono arteriolar impide que la microcirculación pueda redistribuir el flujo sanguíneo.

Alteraciones en el glicocálix endotelial: El daño estructural del glicocálix severo, impide la adecuada transmisión de señales mecánicas y bioquímicas entre la microcirculación y la macrocirculación, dificultando la adaptación a cambios hemodinámicos, lo que establece y perpetúa la coherencia hemodinámica. (8)

Fase de Resolución o Persistencia (Día 3 en adelante) – Recuperación o Inmunoparálisis

El paciente puede evolucionar hacia la recuperación o la inmunoparálisis prolongada, por lo que a partir de aquí, si el paciente ya tiene uso de aminos vasoactivas, se considera un estadio crónico:

Recuperación: En pacientes que responden adecuadamente al tratamiento, se observa la restauración gradual de la función endotelial y la perfusión tisular.

Inmunoparálisis: Se caracteriza por la disminución de la actividad inmunológica, con reducción de la presentación de antígenos y aumento del riesgo de infecciones secundarias oportunistas. (11)

Persistencia del choque séptico: En casos refractarios, la disfunción mitocondrial y la alteración de la perfusión tisular perpetúan el fallo orgánico, con un pronóstico desfavorable.

Durante esta fase, la homeostasis del organismo depende en gran medida de la capacidad del sistema inmunológico para restaurar el equilibrio inflamatorio y de la eficacia de las estrategias terapéuticas para preservar la perfusión y evitar la progresión a un estado de fallo multiorgánico irreversible. (6)

Coherencia hemodinámica

La coherencia hemodinámica se define como la relación entre los parámetros macrocirculatorios y la perfusión tisular efectiva. En condiciones normales, el mantenimiento de una presión arterial media y un gasto cardíaco adecuados garantiza una distribución homogénea del flujo sanguíneo a nivel microvascular. A diferencia de como ocurre en otros tipos de choque y causas de hipotensión, en la sepsis y el choque séptico, esta relación puede no estar presente (12) debido a alteraciones en la regulación del tono vascular, la heterogeneidad del flujo capilar y la disfunción mitocondrial. (8)

Sus componentes de la macrocirculación son: Gasto cardíaco, presión arterial media (PAM), resistencia vascular sistémica, presión venosa central (PVC). Los de la microcirculación son: Índice de perfusión periférica (PPI), Índice de flujo microvascular (MFI), Tiempo de llenado capilar, Saturación venosa central de oxígeno (SvcO₂) y Presión tisular de oxígeno (PtiO₂). (7)

Llenado Capilar

El llenado capilar es un marcador clínico de la perfusión periférica que evalúa la capacidad del sistema cardiovascular para mantener un flujo sanguíneo adecuado en la microcirculación. Se define como el tiempo que tarda la piel en recuperar su color normal tras una compresión de la zona evaluada, generalmente en el lecho ungueal o la superficie cutánea del pulpejo del dedo. (13) Sin embargo, se estandarizó la toma del llenado capilar gracias al estudio ANDROMEDA-shock. (6)

En pacientes con sepsis y choque séptico, el llenado capilar se ve alterado por la disfunción endotelial, la hipoperfusión tisular y la pérdida de coherencia hemodinámica. Su prolongación indica un compromiso en la microcirculación y se ha demostrado su correlación con un peor pronóstico en pacientes con disfunción orgánica. (7).

Por algún tiempo se consideró que la elevación de lactato podía orientar hacia la reanimación hídrica, sin embargo, los estudios ANDROMEDA-shock demostraron que, además de inespecífico, juega un papel posterior a la modificación del llenado capilar (TLC) (14), estableciendo al TLC como el marcador de hipoperfusión más precoz y confiable, pues se correlacionó con otros marcadores de disfunción microcirculatoria. (15)

Gracias a ello se han propuesto métodos para identificar de manera temprana los procesos asociados a hipoperfusión, a fin de limitar el ciclo fisiopatológico y frenar las respuestas inflamatorias y humorales, desarrollando estudios que permitieron la

comparación entre el tiempo de llenado capilar (TLC) y otros estudios mucho más sofisticados, como la capilaroscopia sublingual, tal como hizo Weipeng Huang, quien describió que el tiempo de llenado capilar se asociaba con un flujo microcirculatorio anormal, independientemente de otros factores clínicos y que su capacidad predictiva para anomalías del flujo microcirculatorio fue superior a la de otros indicadores como lactato y puntuación SOFA. (16)

Otras herramientas tecnológicas para monitorear la perfusión tisular

El estudio ANDROMEDA shock 2 desarrollada por Kattan y colaboradores, estableció que una estrategia de reanimación guiada por la perfusión periférica dirigida por llenado capilar basada en los fenotipos clínico y hemodinámicos del paciente se asocia con una disminución en la mortalidad comparado con la atención estándar del shock séptico temprano. El fenotipo hemodinámico fue establecido por la presión de pulso utilizando como corte 40mmHg para la presión de pulso y 50mmHg para la presión diastólica. Mientras que el fenotipo clínico se estableció de acuerdo a la respuesta a líquidos. (17)

Yuxiang y colaboradores, buscaron objetivar la medición del llenado capilar al diseñar un dispositivo el cual generaba una presión predeterminada y al mismo tiempo la medición de pletismografía con haz infrarrojo, estableciendo la presión necesaria para considerar palidez cutánea la pérdida de curva pletismográfica y posteriormente liberando la presión y estableciendo tiempo de llenado capilar una vez que la curva pletismográfica se restablecía; aunque el instrumento buscaba la objetivación del llenado capilar, ocurrieron múltiples fallas, las cuales hicieron que el tiempo de uso del instrumento fuera mayor al esperado, además de presentar un cuestionario de satisfacción para los usuarios en los que solo presentó para médicos un 17.2% de aprobación y en pacientes un 50% de aprobación. (18) Por lo que el llenado capilar sigue considerándose una medición subjetiva.

Como parte de la búsqueda de herramientas objetivas para la valoración de choque séptico se encuentra en desarrollo el estudio ANDROMEDA-VExUS por Ross et al, un subestudio de ANDROMEDA-SHOCK 2 en el cual buscan con el uso de ultrasonido agregar una herramienta la cual valora la congestión venosa y el momento de necesidad de terapia de remplazo renal, así como la mortalidad de los pacientes a los 28 días, debido a que este programaba su realización hasta enero de 2025, se encuentra en este momento en valoración de resultados y conclusiones, por lo que este podría integrar una nueva herramienta para la optimización de fluidos y vasopresores en pacientes con choque séptico. (19) Recientemente, Mesquida realizó un estudio donde se intenta la detección temprana de choque con la evaluación de la saturación venosa central de oxígeno como un método

complementario para evaluar la respuesta a fluidos en pacientes con choque séptico usando como corte una modificación del $5\% \pm 5$. (20)

La entrada a nuevas técnicas para valoración de la microcirculación incluyen métodos variados, desde el Doppler, video microscopía (21), video capilaroscopia, (22) espectroscopía infrarroja cercana (NIRS por sus siglas en inglés), así como la saturación de oxígeno regional tisular, sin embargo el llenado capilar se relacionó directamente con la gravedad de la falla circulatoria, SOFA y APACHE II, además encontraron que el mottling está relacionado con el empeoramiento del paciente. (23) (24)

Cámara infrarroja.

La termografía infrarroja es una técnica no invasiva que permite evaluar la temperatura de la superficie corporal en tiempo real. Su uso en medicina ha crecido significativamente en los últimos años debido a su capacidad para detectar alteraciones en la perfusión sanguínea y la inflamación, lo que la convierte en una herramienta valiosa en diversas especialidades médicas (25)

Durante años ha sido utilizada en el área del deporte, donde suelen tener registros de la temperatura corporal basal del deportista, es evaluado durante las lesiones y realizan comparación del cambio térmico en la articulación o zona afectada tras la lesión, lo que les permitió incluso establecer una tabla sobre los grados centígrados y el nivel de atención, estableciendo normalidad si no supera 0.4° , ameritando monitoreo si el cambio es entre 0.5 y 0.7° , prevención de 0.8 a 1° , alarma de 1.1 a 1.5° y con alto riesgo mayor a 1.6° (26).

Entre las dermatológicas/plásticas más usadas están la evolución de colgajos quirúrgicos en procedimientos reconstructivos, permitiendo detectar isquemia precoz con intervenciones tempranas para mejorar la supervivencia del tejido trasplantado. (27)

Se ha utilizado en el diagnóstico de psoriasis y dermatitis, identificando patrones de inflamación y alteraciones en la vascularización de la piel. Puede ayudar a diferenciar lesiones benignas de malignas en casos de cáncer de piel mediante la evaluación del aumento de temperatura en tejidos tumorales (25).

El estudio que se realizó en animales por Thomaz de Souza utilizó la cámara térmica para valorar los cambios de temperatura asociados a sepsis. (28)

Todo esto permitió que finalmente en el 2023 Kazune et al. Realizó una comparativa de imágenes térmicas de una cámara FLIR a nivel de rodilla y pies en vs Mottling para evaluar la severidad de choque séptico en paciente ingresados en unidad de terapia intensiva, cumpliendo los criterios de definición de sepsis y no presentando respuesta a volumen durante la primera hora desde el ingreso, encontrando la presentación de Mottling no se asoció a cambios de temperatura en rodillas y muslos pero una baja temperatura en miembros inferiores si se asoció a Mottling alto y fallecimiento de pacientes. (29)

Este año, 2025, un estudio desarrollado por Sudhi et al. Realizó un artículo de revisión de la literatura actual la cual incluye la búsqueda de un diagnóstico temprano para choque de diversos tipos utilizando una herramienta no invasiva como es la imagen térmica, encontraron 632 artículos de los cuales solo 32 lograron incorporar a su revisión, encontrando que la tecnología de cámaras térmicas, podría ayudar a la detección temprana de choque en cualquiera de sus formas. Sin embargo no se encuentra estandarizados los grados de variables en la toma de temperatura para considerar los resultados, por lo que cada estudio determina los grados de temperatura o porcentaje de variación que consideraron significativo para la detección temprana de choque. (30)

Justificación

A pesar de contar con importantes avances tecnológicos, el choque séptico continúa manteniendo mortalidad de alrededor del 40% a nivel mundial y superior al 50% en México, siendo la causa de millones de defunciones al año. Se ha demostrado que el llenado capilar es, de momento, el parámetro de perfusión periférica con adecuación a flujo con mayor validez, ya que se ha estudiado contra marcadores bioquímicos y se demostró con ecografía Doppler por Andreas Brunauer, que al contar con llenado capilar menor de 3 segundos, existe reperfusión orgánica a nivel pulmonar, esplénica renal e intestinal.

En los últimos años se han utilizado cámaras térmicas para identificación de distintos panoramas de salud, tanto dermatológicas, articulares e infecciosos, como pronósticas y de asociación con Mottling en humanos, sin embargo, no se cuenta con estandarización para la variabilidad de los grados de temperatura en enfermedades sistémicas. Al ya contar con estudios probatorios de que el llenado capilar es un buen marcador para valorar tanto el estado de hipoperfusión como si se encuentra en reversibilidad, este estudio propone un método alternativo y más objetivo, ya que, a diferencia del llenado capilar, no es operador dependiente ni observador dependiente.

Este estudio es factible ya que se realizó en una institución de segundo nivel con pacientes hospitalizados que cumplen los criterios clínicos, sin requerir recursos adicionales. Es interesante porque responde a la necesidad clínica de contar con herramientas más objetivas para la evaluación hemodinámica de manera precoz y objetiva. Es novedoso porque en México no existen estudios previos que comparen directamente termografía y llenado capilar en pacientes con sepsis. Es ético al tratarse de un estudio observacional sin riesgo, y es relevante debido al impacto potencial que puede tener en el diagnóstico temprano, la individualización de tratamientos y la disminución de complicaciones.

Los hallazgos de esta investigación podrían contribuir a validar una herramienta de bajo costo y fácil implementación que permita optimizar la reanimación inicial de pacientes con sepsis, con beneficio directo en la reducción de mortalidad y uso racional de recursos.

Los resultados de esta tesis se publicarán en una revista científica indexada y serán publicados en congresos y conferencias médicas nacionales e internacionales. Se compartirán con las autoridades sanitarias y sociedades médicas pertinentes para promover su aplicación clínica.

Los beneficiarios directos de este estudio incluirán médicos y profesionales de la salud involucrados en el manejo de pacientes tanto en área quirúrgica como médica, incluidos los servicios de urgencias, medicina interna y terapia intensiva, así como los pacientes quienes podrán ser intervenidos a través de una atención más precisa, individual y objetiva. De igual manera, se espera que estos resultados contribuyan a una mejor gestión de recursos y a la reducción de costos asociados a complicaciones evitables de hipoperfusión y choque séptico.

Planteamiento del problema

La sepsis es una condición médica grave y potencialmente mortal causada por una respuesta desregulada del huésped a la infección. A pesar de los avances en su tratamiento, sigue siendo una causa significativa de morbilidad y mortalidad a nivel global. Se estima que hasta 48.9 millones de casos ocurren anualmente, con una alta incidencia en países de índice sociodemográfico bajo a medio. La mortalidad hospitalaria asociada alcanza el 15%, con 1.7 millones de hospitalizaciones por sepsis en adultos y 270,000 muertes anuales solo en los Estados Unidos. En México, estudios han reportado mortalidades de hasta 65.85% en pacientes con choque séptico.

El choque séptico involucra mecanismos fisiopatológicos complejos que provocan un desequilibrio entre respuestas proinflamatorias y antiinflamatorias, resultando frecuentemente en disfunción orgánica. En choque séptico se ha demostrado que la disfunción endotelial (la causante de todas las complicaciones asociadas) no se instaura en las etapas iniciales, sino que, en la etapa humoral, donde se echan a andar mecanismos proinflamatorios, existe cierta reversibilidad antes de encontrarnos en incoherencia hemodinámica, también descrita por algunos autores como choque oculto. La importancia de actuar durante las primeras horas del choque consiste entonces en impedir que los mecanismos proinflamatorios alcancen la disfunción endotelial, por lo que la detección temprana de estos datos es crucial tanto para las complicaciones como para la mortalidad de los pacientes.

La detección tardía de hipoperfusión tisular en pacientes con sepsis incrementa considerablemente las complicaciones y la mortalidad. Actualmente, no existe un método ideal para evaluar la perfusión periférica en tiempo real, por lo que éste estudio pretende determinar si la termografía infrarroja detecta de una manera más objetiva cambios en la perfusión periférica antes que el llenado capilar.

Pregunta de investigación

En pacientes con sepsis del hospital general de zona 50 del IMSS, ¿es la termografía un método de detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica comparable con el tiempo de llenado capilar?

Objetivo general

Comparar la capacidad de detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica mediante termografía vs llenado capilar en pacientes con sepsis del Hospital General de Zona 50 del IMSS.

Objetivos específicos

Determinar los pacientes ingresados al Hospital General de zona 50 de San Luis Potosí con diagnóstico de sepsis

Registrar los parámetros de hipoperfusión y coherencia hemodinámica mediante termografía y tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis hospitalizados en el Hospital General de zona 50 de San Luis Potosí

Comparar la evolución de los parámetros de hipoperfusión y coherencia hemodinámica mediante mediciones seriadas de termografía y tiempo de llenado capilar al diagnóstico, 1 hora, 6 horas, 24 horas, 72 horas y 7 días en el Hospital General de Zona No. 50 de San Luis Potosí.

Hipótesis.

Hipótesis nula (H_0):

La termografía no presenta diferencias significativas en la detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica en comparación con el tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del Hospital General de Zona No. 50 del IMSS.

Hipótesis alternativa (H_1):

La termografía presenta diferencias significativas en la detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica en comparación con el tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del Hospital General de Zona No. 50 del IMSS.

Material y métodos

Tipo de estudio.

El diseño del estudio será una cohorte prospectiva, al ser un estudio de carácter longitudinal, observacional, analítico y prospectivo.

- Longitudinal, al obtenerse diferentes mediciones a lo largo de la estancia hospitalaria de los pacientes y de tipo prospectivo.
- Observacional, al no realizarse intervención por parte del investigador.
- Analítico, puesto que se estudió la relación entre la coherencia hemodinámica y la termografía

Lugar de estudio.

El estudio se llevó a cabo en el Hospital General de Zona No. 50 correspondientes a la delegación San Luis Potosí del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Universo de trabajo.

Se estudiaron a los pacientes mayores de 18 años, con sepsis (cumpliendo criterios de acuerdo a la escala de SOFA), o que cumplieron con el diagnóstico de choque séptico de acuerdo al consenso Sepsis-3 del Hospital General de Zona 50 del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Tamaño de la muestra.

El tamaño de muestra se estimó con base en el criterio de Peduzzi para regresión logística multivariable, el cual recomienda un mínimo de 10 eventos por variable independiente incluida en el modelo ($EPV \geq 10$) (31):

$$\text{Eventos requeridos} = 10 \times k$$

Donde:

- k = número de variables independientes del modelo
- EPV mínimo recomendado = 10

$$N = \frac{10 \times k}{p}$$

Donde:

N = Tamaño de la población

p = proporción esperada del evento en la población

Al sustituir los datos, tenemos que en k:

A) Predictores principales (independientes)

- ΔT distal = 1
- ΔT media = 1
- ΔT proximal = 1
- Tiempo de llenado capilar = 1
- Subtotal = 4

B) Covariables dicotómicas (cada una = 1)

- Sexo = 1
- Presencia de comorbilidades = 1
- Uso de aminos = 1
- Subtotal = 3

C) Covariables continuas (cada una = 1)

- Edad = 1
- Temperatura corporal basal = 1
- Frecuencia cardíaca = 1
- Saturación de oxígeno = 1
- Presión de pulso = 1
- Presión arterial media = 1
- Temperatura de la sala = 1
- Subtotal = 7

D) Covariable politómica (categorías – 1)

- Sitio de infección tiene 5 categorías: Pulmonar, Urinario, Gastrointestinal, Tejidos blandos, Otros. Parámetros = $5 - 1 = 4$
- Subtotal = 4

Sustituyendo:

$$k=4+3+7+4=18$$

Eventos requeridos

$$E = 10 \times 18 = 180 \text{ eventos}$$

$$N = \frac{180}{p}$$

Si consideramos p 0.50 para máxima incertidumbre y máxima varianza entonces

$$N = \frac{180}{0.50} = 360$$

Métodos.

Diseño, población y escenario

1. Se realizó un estudio longitudinal observacional en el Hospital General de Zona No. 50 del Instituto Mexicano del Seguro Social, Delegación San Luis Potosí.
2. Se incluyeron pacientes adultos (≥ 18 años) con sepsis (por escala SOFA), incluídos los pacientes con choque séptico (Sepsis-3).
3. La identificación clínica se corroboró con revisión de expediente electrónico institucional (Plataforma de Hospitalización del Ecosistema Digital en Salud) y revisión de laboratorios en el sistema institucional.

Recolección y mediciones seriadas

4. Se recolectaron variables macrohemodinámicas de monitor: presión arterial sistólica, tensión arterial media, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, presión de pulso, además de temperatura corporal y temperatura ambiental (termostato).
5. Se midió perfusión periférica por tiempo de llenado capilar mediante técnica estandarizada ANDROMEDA-shock.
6. Se realizó termografía con cámara térmica descrita en el protocolo y se registraron temperaturas en regiones definidas; para el análisis comparativo se utilizó el ΔT distal–palmar ($T_{\text{palma}} - T_{\text{ortejo distal}}$).
7. Se efectuaron mediciones seriadas en momentos predefinidos: 0 horas, 1 hora, 6 horas, 24 horas, 72 horas y 7 días.

Definición de variables analíticas

8. Se definió hipoperfusión por llenado capilar cuando > 3 s.
9. Se determinó el punto de corte del ΔT por curvas ROC en cada medición con índice de Youden y se adoptó un corte único $\Delta T \geq 2.3$ °C para todo el seguimiento.

10. Se construyó una variable dicotómica de estabilidad macrohemodinámica clínica (aproximación de coherencia), definida por criterios simultáneos de frecuencia cardíaca, presión arterial y ausencia de soporte con aminas vasoactivas; cualquier criterio fuera de rango = inestable.

Estrategia estadística

11. Se realizó estadística descriptiva y evaluación longitudinal del tamaño muestral por medición.
12. Para variables continuas seriadas se evaluó normalidad (Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk).
13. Ante no normalidad se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman para comparaciones longitudinales en mediciones repetidas.
14. Para el rendimiento diagnóstico del ΔT se calcularon sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo por medición y de forma global integrando conteos acumulados entre 0 y 72 horas.
15. Para asociaciones entre perfusión periférica y desenlaces clínicos se utilizaron tablas de contingencia con chi cuadrada y, cuando correspondía, prueba exacta de Fisher, además de estimación de razones de momios con intervalo de confianza.
16. Se construyeron modelos de regresión logística multivariada (ajustes reportados en el documento para modelos de mortalidad y para modelos longitudinales), con evaluación del desempeño del modelo (p. ej., Hosmer–Lemeshow y pseudo- R^2) cuando fue reportado.

Tiempo de estudio.

El estudio se realizó del 15 de junio 2025 hasta completar el número pacientes necesario, cerrado el 15 febrero 2026.

Criterios de selección.

Criterios de inclusión.

1. Pacientes que autoricen consentimiento informado, o en caso de no presentar integridad neurológica, con un familiar
2. Pacientes de 18 años cumplidos o más

3. Pacientes del Hospital General de Zona No. 50, con sepsis (SOFA ≥ 2) o choque séptico (SEPSIS-3), independientemente de si se encuentra bajo asistencia ventilatoria o sedación.
4. Pacientes que autoricen firma de consentimiento informado por paciente o familiar.

Criterios de exclusión.

1. Pacientes que no tengan sepsis de acuerdo a SOFA o choque séptico por SEPSIS 3
2. Pacientes con quemaduras extensas o amputación de 3 o más miembros (extremidades).

Criterios de eliminación.

1. Pacientes que decidan interrumpir su participación en el estudio.

Tipo de variables.

Variables independientes.

- Termografía en grados centígrados en palma, falanges distal, media y proximal.
- Tiempo de llenado capilar en segundos.

Variables dependientes.

- Coherencia hemodinámica clínica

Variables confusoras (covariables).

A) Sociodemográficas

- Edad
- Sexo

B) Clínicas

- Comorbilidades
- Sitio de infección
- Temperatura corporal basal
- Frecuencia cardíaca
- Saturación de oxígeno
- Presión de pulso
- Presión arterial media (PAM)
- Uso de aminos

C) Ambientales

- Temperatura de la sala del paciente

Variable	DEFINICIÓN		METODOLÓGICAMENTE		ESTADÍSTICAMENTE		
	Conceptual	Operacional	Tipo de variable	Fuente de información	Escala de medición	Parámetro	Gráficas
Coherencia hemodinámica clínica	Estado clínico de estabilidad macrohemodinámica durante el seguimiento, como aproximación clínica a la coherencia hemodinámica	Variable dicotómica evaluada a 1 hora, 6 horas, 24h, 72 horas y 7 días. Se definirá como: PAM < 65 mmHg en cualquier momento del seguimiento Necesidad de inicio de vasopresores (documentado) Persistencia de inestabilidad hemodinámica durante seguimiento	Dependiente	Expediente clínico electrónico (PHEDS) y registros de monitorización hemodinámica.	Cualitativa dicotómica (nominal)	Frecuencia absoluta porcentaje	Gráfica de barras y
Tiempo de llenado capilar	Tiempo en que la piel recupera el color normal después de aplicar presión hasta blanquear el pulpejo del dedo índice del paciente con ayuda de una 1 0 segundos	Tiempo en segundos medido tras 10 segundos de presión en el pulpejo del dedo índice.	Independiente	Evaluación clínica directa	Cuantitativa, continua	≥3 segundos llenado capilar retardado en jóvenes y de 4 en adultos	Histograma

Termografía	Temperatura cutánea medida en región palmar y los segmentos de un dedo de la mano.	Temperatura en grados Celsius así como la diferencia entre ellos. T palmar, T distal, T media, T proximal. $\Delta T_{\text{distal}} = T(\text{palma}) - T(\text{falange distal})$ $\Delta T_{\text{media}} = T(\text{palma}) - T(\text{falange media})$ $\Delta T_{\text{proximal}} = T(\text{palma}) - T(\text{falange proximal})$.	Independiente	Cámara térmica infrarroja	Cuantitativa continua	Gradiente térmico distal (°C), gradiente térmico medio (°C) y gradiente térmico proximal (°C). Histograma
Edad.	Tiempo de vida transcurrido desde su nacimiento hasta el momento del estudio.	Número de años cumplidos por el derechohabiente al momento del estudio.	Covariable sociodemográfica (independiente de ajuste)	Expediente electrónico a través de la Plataforma de Hospitalización del Ecosistema Digital en Salud (PHEDS)	Cuantitativa, continua.	Años. Polígono de frecuencia.
Sexo.	Diferencia biológica entre personas, siendo masculino o femenino.	Género gramatical propio del hombre o la mujer.	Covariable sociodemográfica (independiente de ajuste)	Expediente electrónico a través de la Plataforma de Hospitalización del Ecosistema Digital en Salud (PHEDS)	Cualitativa, nominal, dicotómica.	Tabla de frecuencias 1. Hombre 2. Mujer

Presencia de comorbilidades	Presencia de enfermedades crónicas o condiciones médicas preexistentes en el paciente que pueden influir en su estado de salud, respuesta al tratamiento y pronóstico	Registro en la historia clínica de enfermedades previamente conocidas	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Estudios de laboratorio en el sistema electrónico institucional (PASTEUR) y expediente electrónico a través de la Plataforma de Hospitalización del Ecosistema Digital en Salud (PHEDS)	Cualitativa, nominal, dicotómica.	1. Sí o no	Pastel
Sitio de infección	Sitio de presencia y multiplicación de un microorganismo en los tejidos del huésped	Lugar donde inicia la interacción del agente patógeno con el huésped demostrable por estudios de imagen y/o laboratorio	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Estudios de laboratorio en el sistema electrónico institucional (PASTEUR), expediente electrónico a través de la Plataforma de Hospitalización del Ecosistema Digital en Salud (PHEDS) y Modulab	Cualitativa, nominal, politómica.	1. Pulmonar 2. Urinario 3. Gastrointestinal. 4. Tejidos blandos 5. Otros	Diagrama de sectores
Temperatura corporal basal	Temperatura central del cuerpo medida en su estado basal	Medición con termómetro de mercurio, axilar	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Medición directa visualizada a través de monitor de signos vitales	Cuantitativa continua	Grados centígrados	Histograma
PAM/TAM	Promedio ponderado de la presión arterial sistémica	Medición con monitor hemodinámico	Variable clínica de seguimiento o (covariable de ajuste)	Medición directa visualizada a través de monitor de signos vitales	Cuantitativa continua	Milímetros de mercurio	Histograma
Presión de pulso	Diferencia entre la presión arterial	PAS-PAD medida en mmHg	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Monitor de signos vitales	Cuantitativa continua	Mm de mercurio.	Histograma

	sistólica y diastólica.		ente de ajuste)				
Frecuencia cardíaca (FC)	Número de contracciones del corazón por minuto	Valor registrado en monitor hemodinámico al momento de la toma de datos	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Monitor de signos vitales	Cuantitativa continua	Latidos por minuto.	Histograma
Saturación (Sat)	Porcentaje de hemoglobina saturada con oxígeno en sangre arterial	Valor registrado mediante oximetría en el monitor hemodinámico	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Monitor de signos vitales	Cuantitativa continua	Porcentaje de saturación de oxihemoglobina.	Histograma
Uso de aminas	Administración de fármacos vasoactivos con el objetivo de mantener estabilidad hemodinámica.	Variable dicotómica evaluada en cada punto de medición (1 h, 6 h, 24h, 72 h y 7 días). Se considerará: Sí (1): paciente con infusión activa de vasopresores documentada en el expediente clínico al momento de la evaluación. No (0): ausencia de infusión de vasopresores al momento de la evaluación	Covariable clínica (independiente de ajuste)	Expediente clínico electrónico (PHEDS) y registros de monitorización hemodinámica.	Cualitativa dicotómica (nominal)	Frecuencia absoluta y porcentaje	Gráfica de barras
Temperatura de la sala del paciente	Temperatura a la que se encuentra la sala a la hora de realizar las mediciones.	Temperatura ambiente de la sala en grados centígrados	Covariable ambiental (independiente de ajuste)	Termostato	Cuantitativa continua	Grados Celcius/centígrados	Histograma

Descripción del instrumento.

La cédula de recolección de datos utilizada en este protocolo es un instrumento de elaboración propia, diseñado específicamente para este estudio con base en los objetivos, variables y parámetros clínicos definidos y consta de los siguientes apartados:

- 1) Datos demográficos: engloba variables como edad, sexo, así como datos de identificación iniciales de cada participante y un folio que se asignaron al recolectar dicha información.
- 2) Comorbilidades: se identificaron comorbilidades de la población en estudio.
- 3) Se recabaron datos generales como tiempo de diagnóstico antes de la primera revisión, la cantidad de cristaloides infundida, así como el sitio de infección. Se aplicaron los criterios de sepsis de acuerdo a SOFA y para choque séptico de acuerdo al consenso Sepsis-3
- 4) Datos hemodinámicos otorgados por monitor, tales como TAM, presión de pulso, temperatura, saturación y frecuencia cardíaca, así como la temperatura de la sala a la hora de la toma de las variables.
- 5) Variables dependientes:
 - a. Cámara térmica.- Se utilizó la cámara FLIR Leptón Pro, tiene las siguientes especificaciones: resolución térmica de 80x60, frecuencia de actualización 9HZ, pixeleado 17um, sensibilidad $\leq 50\text{mk}$, medición de temperatura entre -10°C y 450°C y exactitud de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. La cámara permite realizar grabación continua durante la evaluación termográfica. Las cámaras FLIR (Forward Looking InfraRed) son fabricadas por la empresa Teledyne FLIR, anteriormente conocida como FLIR Systems Inc., una compañía fundada en 1978 y con sede actualmente en Wilsonville, Oregon, Estados Unidos. FLIR es uno de los fabricantes más reconocidos a nivel mundial en tecnología de imagen térmica para aplicaciones industriales, militares, médicas y de seguridad, cuyas cámaras cuentan con acreditación de clase I ante la FDA bajo el código LLZ (measuring device, temperature).
 - b. Llenado capilar con metodología ANDROMEDA.- Consiste en presión del pulpejo índice del paciente con lámina de porta objetos durante 10 segundos a partir del blanqueado total y retirar. Contar el tiempo que transcurre entre el retiro de la laminilla y la recoloración del pulpejo en segundos, con 1 decimal.

Análisis de datos.

Las variables previamente definidas se registraron en una base de datos utilizando SPSS versión 26.

Para minimizar el sesgo por pérdida de pacientes durante el seguimiento, se optó por un diseño de cohorte dinámica, permitiendo que los participantes ingresen y se retiren del estudio a lo largo del período de seguimiento. Los nuevos participantes se incluyeron a medida que avanzó el estudio.

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de las variables continuas. Si cumplieron el criterio de normalidad se expresaron con medias y desviación estándar, en caso contrario con medianas y rangos intercuartiles. Las variables categóricas se expresaron en frecuencias y porcentajes. Se realizó un modelo de correlación de Pearson o de Spearman si son normales o no los datos.

Aspectos éticos.

Este protocolo se clasifica como investigación sin riesgo, conforme al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, ya que no implica intervención alguna distinta a las ya indicadas en la atención médica habitual, y únicamente se realizó recolección de datos clínicos, monitorización no invasiva y mediciones externas sin contacto o daño físico.

La Declaración de Helsinki, creada por la Asociación Médica Mundial (AMM) durante la 18ª Asamblea Médica Mundial en 1964, es uno de los textos fundamentales en la protección y regulación ética de la investigación en humanos. Este documento ha sido objeto de varias enmiendas y aclaraciones, la última en Japón en 2004, que sigue vigente. En él, se fomenta el cumplimiento de principios bioéticos como autonomía, beneficencia, justicia y no maleficencia, los cuales guían nuestro estudio para garantizar la seguridad del paciente.

En 1979, el Departamento de Salud, Educación y Bienestar de los Estados Unidos publicó el Informe Belmont, que también establece principios éticos para los estudios de investigación que se aplican a este proyecto. En México, la Ley General de Salud, conforme al artículo 17 de su reglamento y al artículo 3 en sus fracciones I, VII, IX y XXVI, subraya la vigilancia y regulación de los servicios de salud, el ejercicio profesional en el ámbito sanitario y la coordinación de la investigación en salud en humanos. Asimismo, se destaca que toda investigación debe ser realizada por profesionales de la salud bajo la supervisión de las autoridades sanitarias y con el consentimiento por escrito del participante (artículo 100). Este proyecto de

investigación también se rige por la normativa del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

El presente protocolo también se adhiere a las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación en Seres Humanos emitidas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su versión más reciente (2016). Estas pautas establecen principios fundamentales como el respeto por las personas, la justicia, la no maleficencia, la equidad en la selección de sujetos y la importancia de maximizar los beneficios mientras se minimizan los riesgos.

Asimismo, el diseño del estudio respeta el principio de proporcionalidad riesgo-beneficio, garantiza el consentimiento informado adecuado y contempla medidas especiales para la protección de participantes en condición de vulnerabilidad, como los pacientes inconscientes o sedados, según lo establecido en las guías nacionales e internacionales vigentes.

Análisis y Resultados

Características demográficas y clínicas de la población

Tamaño muestral y comportamiento longitudinal

Se incluyeron 365 pacientes con sepsis del Hospital General de Zona No. 50 del IMSS.

El número de casos válidos disminuyó progresivamente en las mediciones seriadas, observándose reducción hasta 301 pacientes en la sexta medición.

Esta reducción fue atribuible principalmente a mortalidad intrahospitalaria (17%).

Pruebas realizadas:

- Estadística descriptiva (frecuencias absolutas y relativas)
- Análisis de tendencia longitudinal descriptivo
- Cálculo de proporciones con intervalo de confianza al 95%

La mortalidad del 17% (62/365) presentó un intervalo de confianza del 95% estimado de 13.3–21.4%.

La reducción progresiva sugiere fenómeno de riesgo competitivo (muerte), lo que introduce potencial sesgo de supervivencia en mediciones tardías

Distribución por sexo

La distribución por sexo fue:

- Hombres: 191 (52.3%)
- Mujeres: 174 (47.7%)

Pruebas realizadas:

- Prueba de chi cuadrada de bondad de ajuste para distribución 1:1 No se observaron diferencias significativas respecto a distribución equitativa ($p > 0.05$).

La cohorte presenta distribución homogénea por sexo, sin predominio estadísticamente significativo.

Tabla 1

Sexo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Hombres	191	52.3
Mujeres	174	47.7
Total	365	100.0

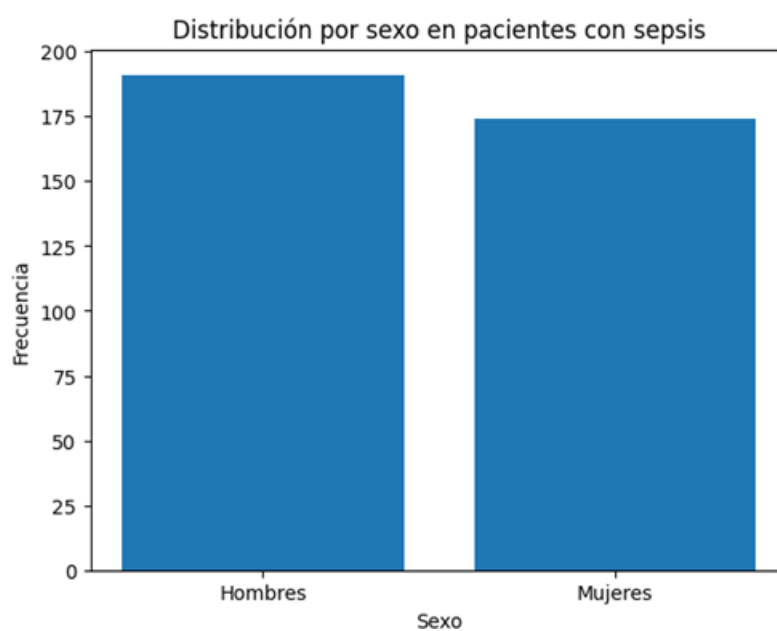


Gráfico 1 Distribución por sexo

Edad

Edad media: 59.33 ± 20.15 años
Rango: 25–93 años

Pruebas realizadas:

- Prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov)
- Estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, rango)
- Evaluación de asimetría y curtosis

La distribución mostró ligera asimetría hacia edades mayores, esperable en población con sepsis.

Se trata predominantemente de población adulta mayor, grupo con mayor susceptibilidad a disfunción microvascular

Tabla 2

Parámetro	Valor
Media (años)	59.33
Desviación estándar	20.15
Edad mínima	25
Edad máxima	93
Rango	68

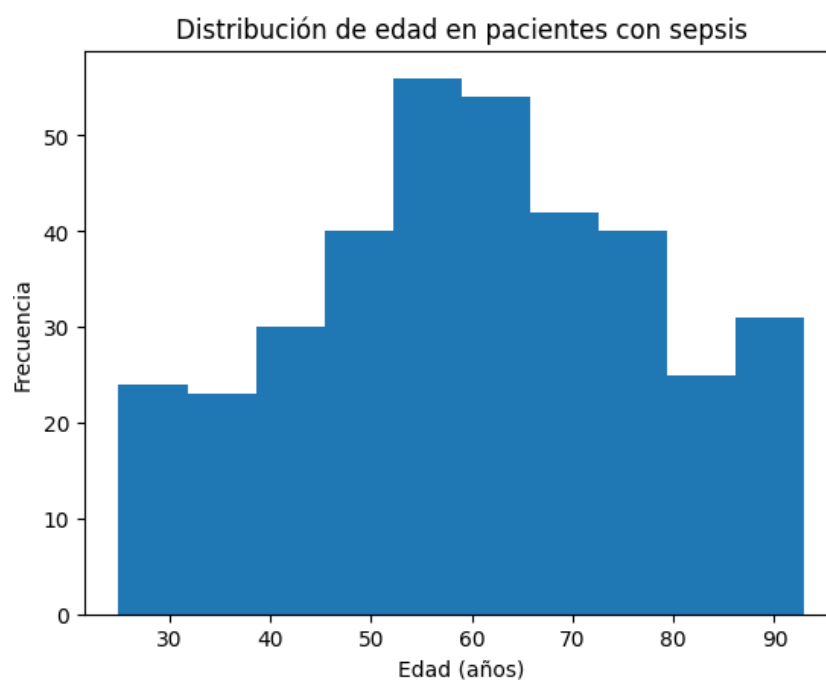


Gráfico 2 Distribución de edad

Comorbilidades

Diabetes mellitus estuvo presente en 189 pacientes (51.8 %), mientras que la hipertensión arterial se documentó en 150 pacientes (41.1 %). El antecedente de sobrepeso se registró en 273 pacientes (74.8 %). La enfermedad reumatológica se identificó en 5 pacientes (1.4 %), y otras comorbilidades en 27 pacientes (7.4 %).

El sitio de infección más frecuente fue tejidos blandos en 145 pacientes (39.7 %), seguido de foco pulmonar en 107 pacientes (29.3 %) y urinario en 88 pacientes (24.1 %). El foco gastrointestinal se presentó en 23 pacientes (6.3 %), mientras que otras localizaciones representaron el 0.6 % de los casos.

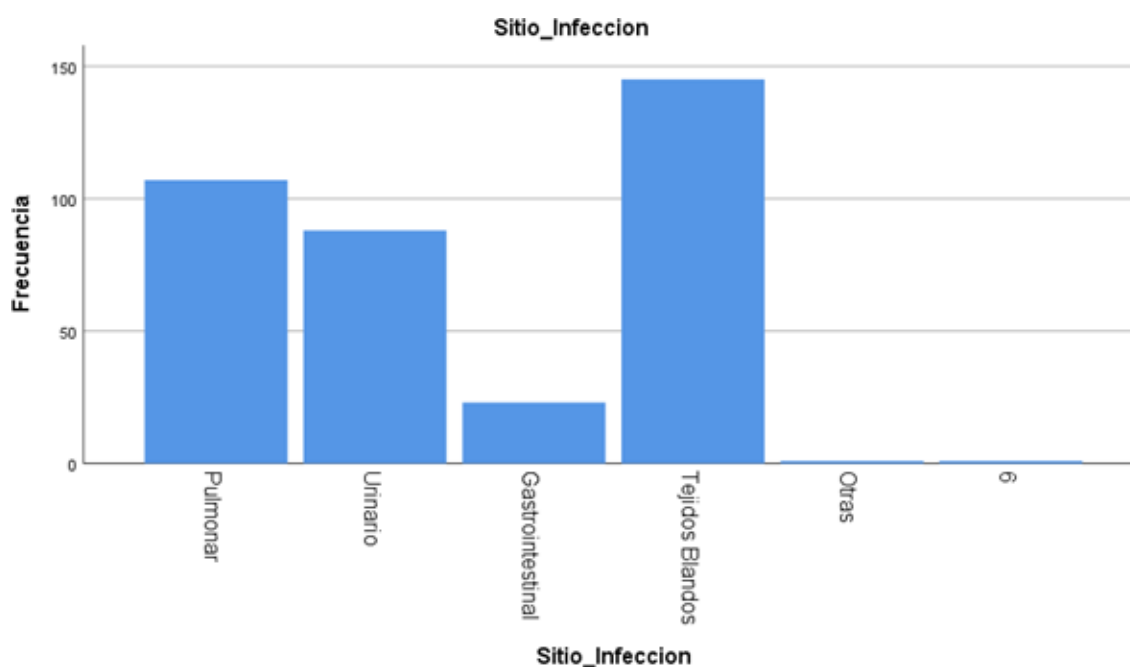


Gráfico 3 Sitio de Infección

Mortalidad intrahospitalaria

Sobrevivientes: 303 (83%)

Defunciones: 62 (17%)

Pruebas realizadas:

- Cálculo de proporciones con intervalo de confianza
- Análisis bivariado de mortalidad vs comorbilidades mediante chi cuadrada
- Cálculo de OR para comorbilidades significativas

La hipertensión arterial mostró asociación significativa con mortalidad:

- OR 2.49
- $p = 0.001$

No se encontraron asociaciones significativas con otras comorbilidades. La hipertensión podría actuar como marcador de vulnerabilidad vascular y disfunción endotelial.

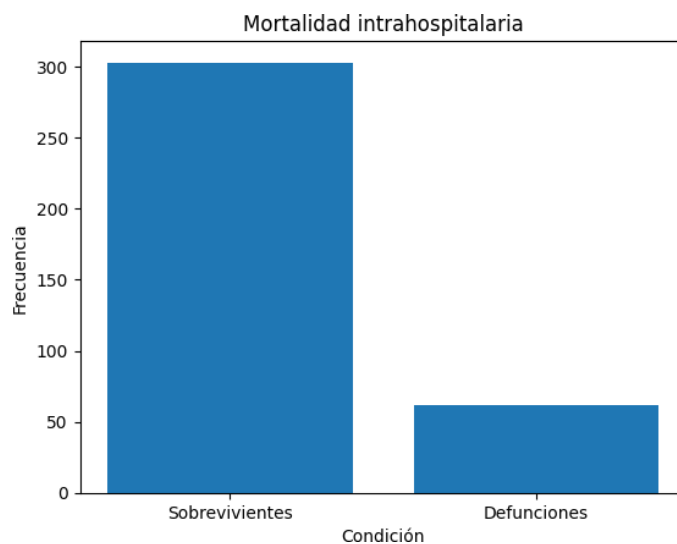


Gráfico 4 Mortalidad

Uso inicial de aminos

Al ingreso:

- 67 pacientes (18.4%) recibían aminos vasoactivas.

Pruebas realizadas:

- Estadística descriptiva
- Comparación de mortalidad entre pacientes con y sin aminos mediante chi cuadrada
- Estimación de OR

Los pacientes con aminos al ingreso mostraron mayor mortalidad ($p < 0.05$), coherente con mayor gravedad inicial.

Evolución hemodinámica y térmica seriada en pacientes con sepsis

Estructura del análisis longitudinal

Se realizaron mediciones seriadas en los siguientes momentos:

- 0 horas
- 1 hora
- 6 horas
- 24 horas
- 72 horas
- 7 días

Las variables evaluadas incluyeron:

- Presión arterial sistólica
- Presión arterial media
- Frecuencia cardiaca
- Índice de choque
- Tiempo de llenado capilar
- Gradiente térmico distal–palmar (ΔT)

Debido a la reducción progresiva del tamaño muestral (pérdidas atribuibles principalmente a mortalidad), el análisis longitudinal consideró únicamente casos válidos en cada punto.

Variables macrohemodinámicas

Resultados descriptivos

En el análisis descriptivo inicial de las variables macrohemodinámicas (frecuencia cardiaca, tensión arterial sistólica y tensión arterial media), se observó una tendencia clínica hacia estabilización hemodinámica durante el periodo de seguimiento.

De manera general:

- La frecuencia cardiaca mostró ligera reducción en mediciones subsecuentes.
- La tensión arterial sistólica se mantuvo dentro de rangos relativamente estables.

- La tensión arterial media presentó comportamiento consistente a lo largo de las mediciones seriadas.
- El delta térmico distal mostró variaciones discretas sin patrón progresivo evidente.

Estas observaciones descriptivas sugieren comportamiento hemodinámico relativamente estable durante el seguimiento temprano.

Pruebas estadísticas realizadas

Dado que se evaluaron mediciones repetidas en la misma cohorte, se realizó análisis longitudinal.

Evaluación de normalidad

Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para cada una de las seis mediciones en:

- Frecuencia cardiaca
- Tensión arterial sistólica
- Tensión arterial media
- Delta térmico distal

En todas las variables se documentó ausencia de normalidad en la mayoría o totalidad de las mediciones ($p < 0.05$), por lo que no se utilizaron pruebas paramétricas.

Se empleó la prueba no paramétrica de Friedman para muestras relacionadas para evaluar diferencias longitudinales entre las seis mediciones.

Frecuencia cardiaca

- $N = 301$
- $\chi^2(5) = 6.694$
- $p = 0.244$

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las seis mediciones.

Tensión arterial sistólica

- $N = 301$
- $\chi^2(5) = 6.066$
- $p = 0.300$

No se identificaron cambios estadísticamente significativos.

Tensión arterial media

- $N = 333$
- $\chi^2(5) = 2.124$
- $p = 0.832$

No se documentaron diferencias significativas entre las mediciones seriadas.

Delta térmico distal

- $N = 301$
- $\chi^2(5) = 4.272$
- $p = 0.511$

No se observaron cambios longitudinales estadísticamente significativos.

El análisis longitudinal mediante prueba de Friedman no demostró diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables macrohemodinámicas evaluadas a lo largo del seguimiento.

En el análisis global de la cohorte:

- La frecuencia cardíaca no mostró variación significativa.
- La tensión arterial sistólica se mantuvo estable.
- La tensión arterial media no presentó cambios estadísticamente relevantes.
- El delta térmico distal no evidenció modificación significativa en el tiempo.

Estos hallazgos indican que, a nivel poblacional, las variables macrohemodinámicas permanecieron sin cambios estadísticamente significativos durante el periodo de observación.

Mortalidad

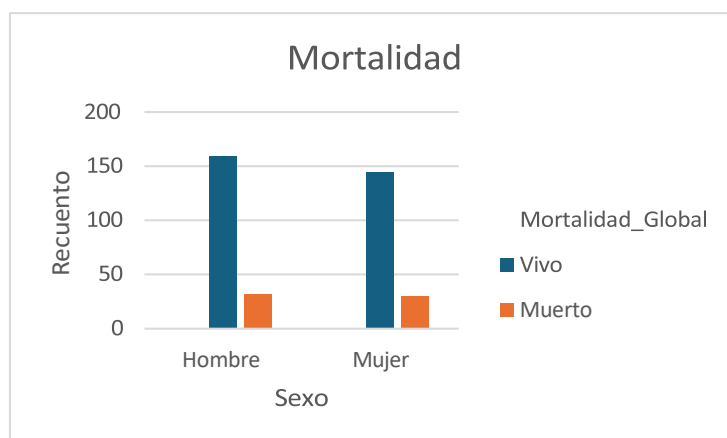


Gráfico 5 Mortalidad por sexo

Se evaluó la asociación entre diabetes mellitus y mortalidad global mediante prueba de chi-cuadrado. No se observó una asociación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 1.181$, $p = 0.277$). Aunque se observó una mayor proporción de mortalidad en pacientes diabéticos, esta diferencia no alcanzó significancia estadística.

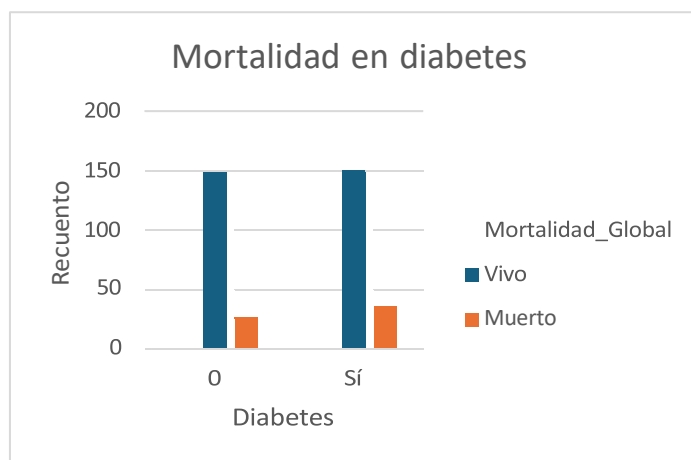


Gráfico 6 Mortalidad de diabetes

Se evaluó la asociación entre antecedente de hipertensión arterial sistémica y mortalidad global mediante prueba de chi-cuadrado. Se encontró una asociación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 10.653$, $p = 0.001$), observándose una mayor proporción de mortalidad en pacientes con hipertensión (24.7%) en comparación con aquellos sin hipertensión (11.6%).

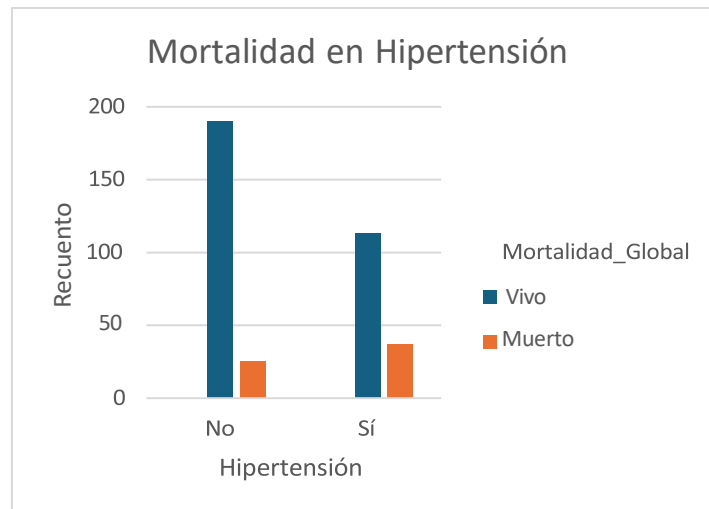


Gráfico 7 Mortalidad en Hipertensión

Se evaluó la asociación entre sobrepeso y mortalidad global mediante prueba de chi-cuadrado. No se observó asociación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 3.264$, $p = 0.071$), aunque se evidenció una tendencia a mayor mortalidad en pacientes con sobrepeso (19.0%) en comparación con aquellos sin sobrepeso (10.9%).

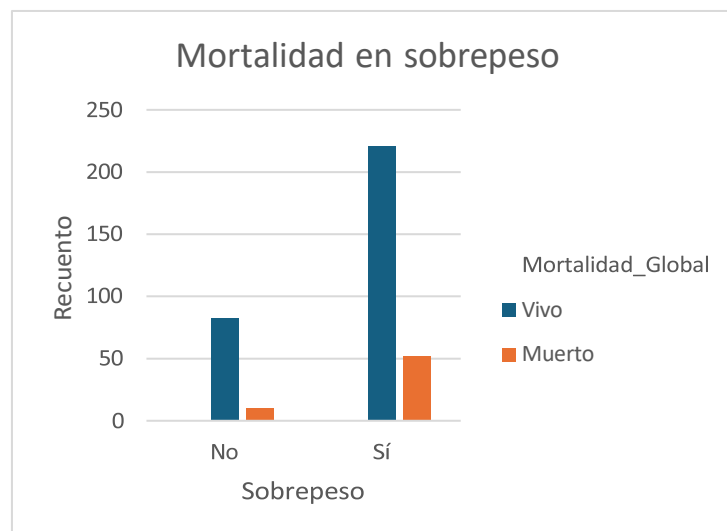


Gráfico 8 Mortalidad en sobrepeso

Se evaluó la asociación entre enfermedad reumatológica y mortalidad global. No se encontró asociación estadísticamente significativa ($p = 0.857$). Sin embargo, el bajo número de pacientes con enfermedad reumatológica (5) limita la capacidad para detectar diferencias significativas pese a haber usado prueba exacta de Fisher.

Se evaluó la asociación entre la presencia de otras comorbilidades y mortalidad global mediante prueba de chi-cuadrado y prueba exacta de Fisher. No se encontró

asociación estadísticamente significativa ($p = 0.191$), aunque se observó una mayor proporción de mortalidad en pacientes con otras comorbilidades, de las cuales el principal representante fue ERC (25.9% vs 16.3%).

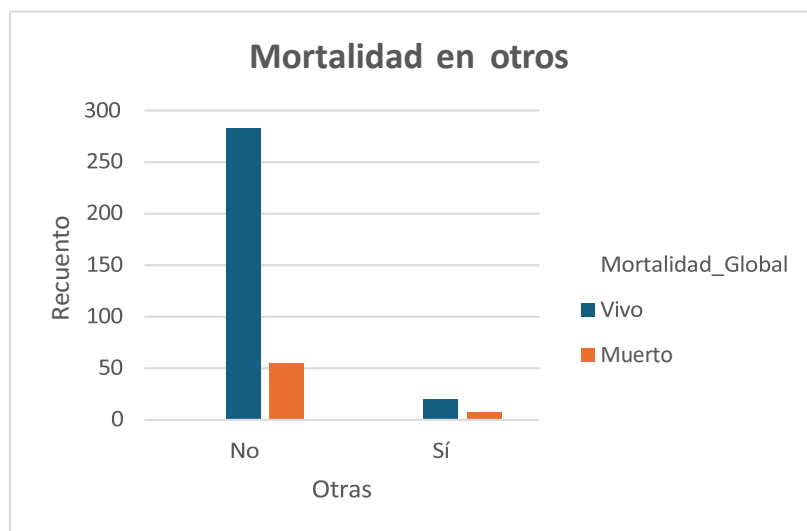


Gráfico 9 Mortalidad en sobrepeso

Se evaluó la presencia del número de comorbilidades que presentaban de manera concomitante.

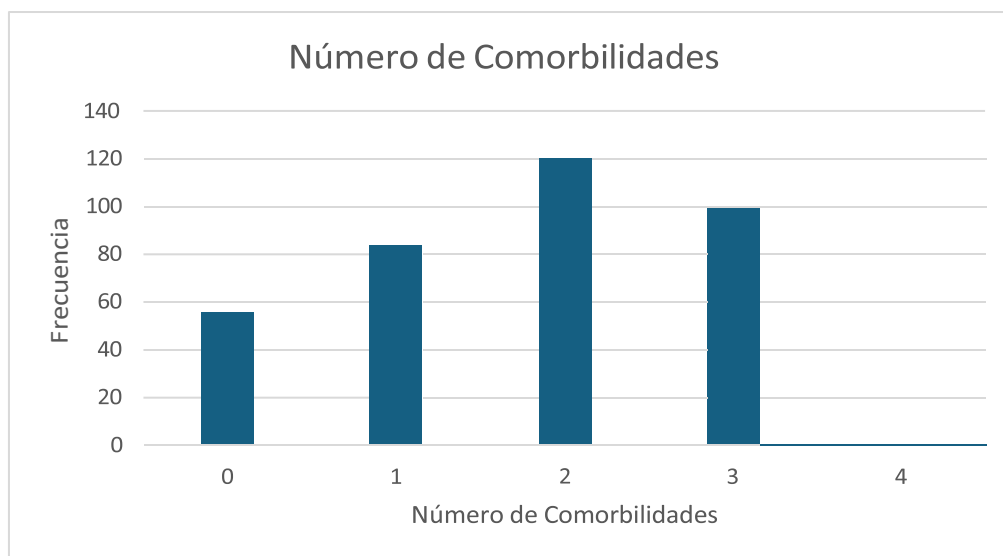


Gráfico 10 Número de comorbilidades

Tabla 3

Número de Comorbilidades

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	56	15.3	15.3	15.3
	1	84	23.0	23.0	38.4
	2	121	33.2	33.2	71.5
	3	98	26.8	26.8	98.4
	4	6	1.6	1.6	100.0
	Total	365	100.0	100.0	

Se evaluó la asociación entre la carga de comorbilidades y la mortalidad global. La comparación mediante la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas en el número de comorbilidades entre los grupos de mortalidad ($H = 10.37$, $gl = 2$, $p = 0.006$), esto confirma que los pacientes que fallecieron más, tenían un mayor número de comorbilidades.

Se evaluó la asociación entre el sitio de infección y la mortalidad global mediante prueba de chi-cuadrado. No se encontró asociación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 1.878$, $p = 0.758$), lo que sugiere que el foco infeccioso inicial no influyó de manera significativa en el desenlace de los pacientes con sepsis.

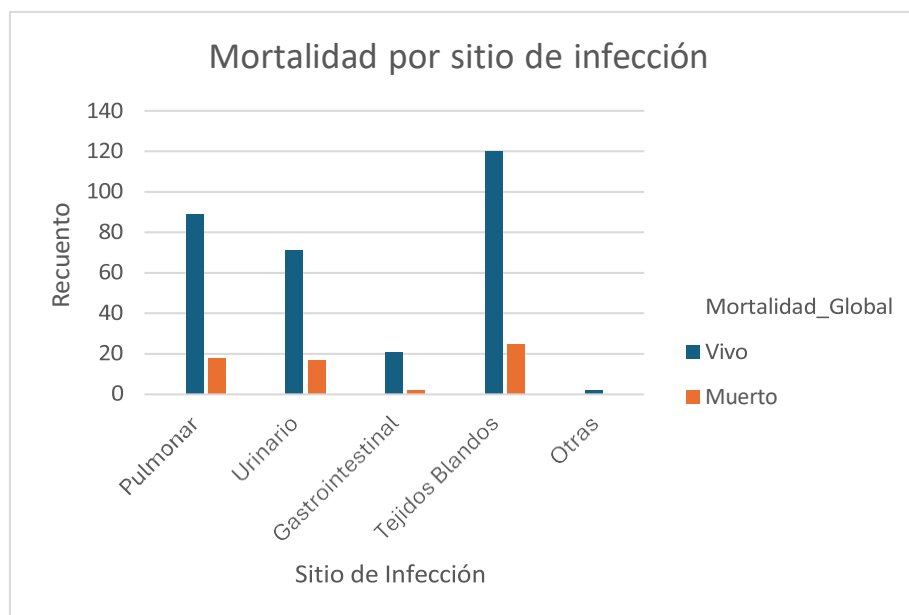


Gráfico 11 Mortalidad por sitio de infección

Se evaluó la asociación entre el uso basal de aminos vasoactivas (al momento de la evaluación inicial) y la mortalidad global. Se encontró una asociación estadísticamente altamente significativa ($\chi^2 = 203.5$, $p < 0.001$).

Los pacientes que requerían aminos vasoactivas desde la evaluación basal presentaron una mortalidad significativamente mayor (76.1%) en comparación con aquellos que no las requerían (3.7%), lo que sugiere que la gravedad hemodinámica inicial es un determinante clave del desenlace en pacientes con sepsis.

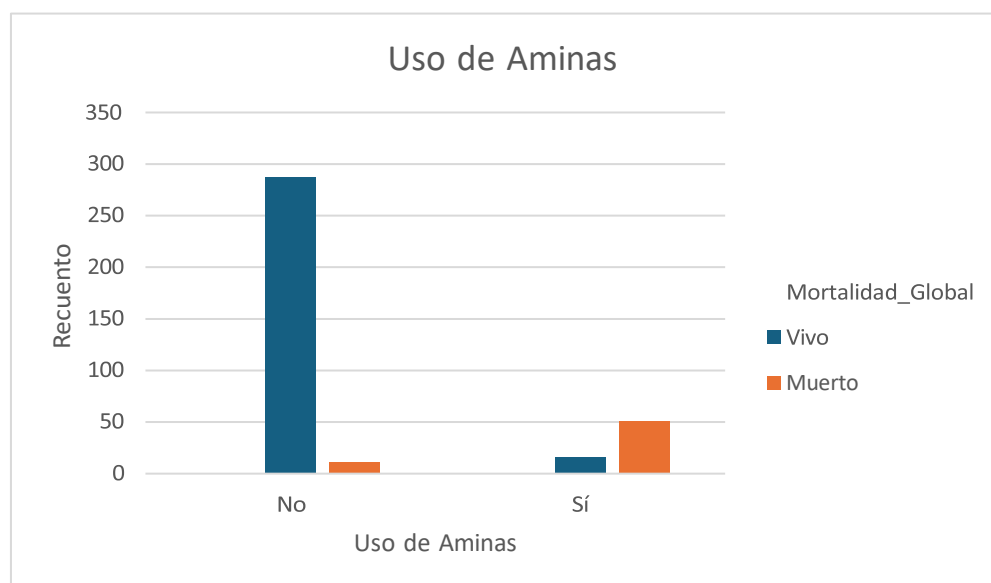


Gráfico 12 Uso de Aminos

Se evaluó la asociación entre la intubación orotraqueal basal y la mortalidad global mediante prueba exacta de Fisher. Se observó una asociación estadísticamente significativa ($p = 0.005$); sin embargo, el número de pacientes intubados basalmente fue muy reducido ($n = 3$), lo que limita la precisión de la estimación

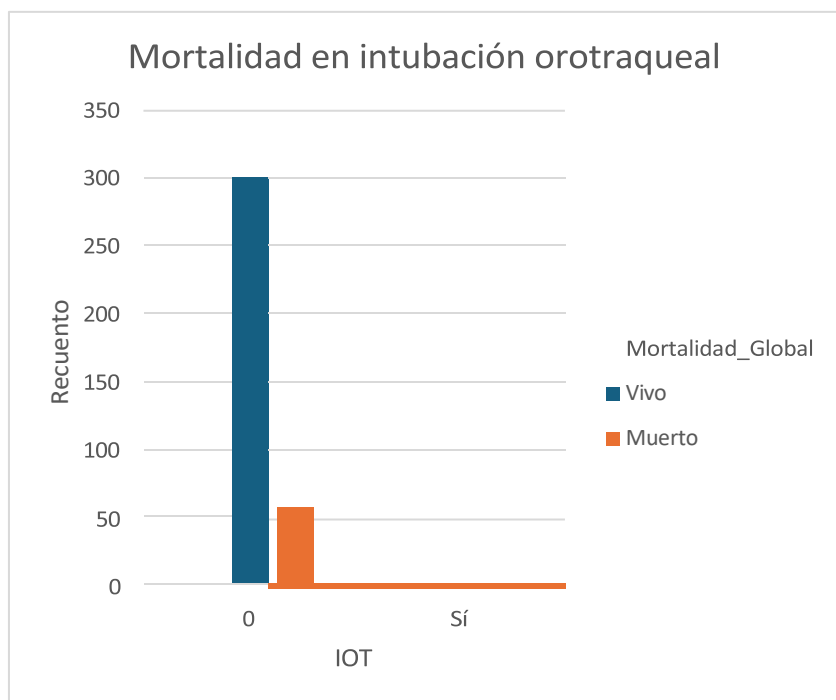


Gráfico 13 Mortalidad en intubación orotraqueal

Tabla 4

RESUMEN

Variable	Prueba	OR (muerte)	IC 95%	p
Sexo (H vs M)	Chi ²	0.97	0.56 – 1.68	0.63
Diabetes	Chi ²	1.36	0.78 – 2.37	0.277
Hipertensión	Chi ²	2.49	1.42 – 4.35	0.001
Sobrepeso	Chi ²	1.93	0.94 – 3.98	0.071
Enf. reumatológica	Fisher	—	—	1
Otras comorbilidades	Fisher	1.8	0.73 – 4.46	0.191
Sitio de infección	Chi ²	—	—	0.758
Uso de aminos basal	Chi ²	83.2	36.7 – 189	<0.001
IOT basal	Fisher	No estimable*	—	0.005

Análisis pronóstico por tiempo de medición.

Tabla 5

Predictores periféricos de mortalidad por medición (modelos multivariados ajustados)					
Modelos ajustados por hipertensión, uso de aminos y estado de intubación orotraqueal.					
Medición	Variable	OR (ExpB)	p	IC95%	Interpretación
Basal	Llenado capilar	5.02	0.075	Amplio	Tendencia a mayor riesgo
Basal	Temperatura distal	0.62	0.116	Amplio	Tendencia protectora

Basal	Δ temperatura distal	2.45	0.326	Amplio	Sin asociación significativa
1 hora	Llenado capilar	0.89	0.871	Amplio	Sin asociación
1 hora	Temperatura distal	0.68	0.074	Amplio	Tendencia protectora temprana
1 hora	Δ temperatura distal	930.77	0.008	Amplio	Predictor temprano significativo
6 horas	Llenado capilar	2.51	0.106	Amplio	Tendencia a hipoperfusión sostenida
6 horas	Temperatura distal	1.02	0.926	Amplio	Sin efecto
6 horas	Δ temperatura distal	1.25	0.777	Amplio	Sin asociación
24 horas	Llenado capilar	2.59	0.312	Amplio	Tendencia leve
24 horas	Temperatura distal	0.84	0.658	Amplio	Sin asociación
24 horas	Δ temperatura distal	6.14	0.189	Amplio	Tendencia no significativa
72 horas	Llenado capilar	2.46	0.191	Amplio	Tendencia no significativa
72 horas	Temperatura distal	133.23	0.481	Amplio	Sin asociación estable
72 horas	Δ temperatura distal	133.23	0.481	Amplio	Inestabilidad del modelo
7 días	Llenado capilar	—	0.945	—	Modelo con separación perfecta
7 días	Temperatura distal	—	0.945	—	Modelo no interpretable
7 días	Δ temperatura distal	—	0.945	—	Sobreajuste / separación
Abreviaturas: OR: Odds Ratio; IC95%: Intervalo de confianza al 95%; Δ : diferencia de temperatura distal-proximal.					
Nota: En mediciones tardías se observó separación casi perfecta del modelo, impidiendo estimaciones estables de OR e IC95%.					

Se realizaron modelos de regresión logística multivariada ajustados por hipertensión, uso de aminas vasopresoras e intubación orotraqueal, con el objetivo de evaluar la capacidad predictiva de la perfusión periférica medida mediante tiempo de llenado capilar, temperatura distal absoluta y delta de temperatura distal-proximal en relación con la mortalidad global.

En las mediciones tempranas, la delta de temperatura distal mostró la asociación más relevante con mortalidad, alcanzando significancia estadística a la primera hora de seguimiento (OR 930.77, $p = 0.008$), lo que sugiere que las alteraciones térmicas periféricas pueden detectar hipoperfusión tisular de manera precoz. En contraste, el tiempo de llenado capilar presentó únicamente tendencias no significativas en las fases iniciales.

En las mediciones intermedias (6 y 24 horas), el tiempo de llenado capilar mostró una tendencia consistente hacia mayor riesgo de mortalidad (OR aproximados entre 2.5 y 2.6), aunque sin alcanzar significancia estadística, lo que sugiere que este parámetro podría reflejar estados de hipoperfusión periférica sostenida más que cambios hemodinámicos tempranos. Por su parte, la temperatura distal absoluta perdió capacidad predictiva independiente durante estas fases.

En las mediciones tardías (72 horas y 7 días), los modelos presentaron inestabilidad en los coeficientes y evidencia de separación casi perfecta, con estimaciones de odds ratio extremadamente amplias y no interpretables clínicamente, lo que indica un probable sobreajuste secundario al bajo número de eventos y a la colinealidad entre marcadores de perfusión periférica. Este hallazgo sugiere que, en fases avanzadas del choque séptico, la mortalidad se encuentra determinada por múltiples factores sistémicos y no exclusivamente por la perfusión periférica evaluada mediante estos métodos.

En conjunto, los resultados indican que la delta de temperatura distal podría ser un marcador temprano más sensible de hipoperfusión tisular asociada a mortalidad, mientras que el tiempo de llenado capilar parece reflejar fases más tardías de hipoperfusión sostenida. Ambos métodos evalúan dimensiones temporales distintas de la disfunción microcirculatoria en pacientes con sepsis y choque séptico, lo que respalda el concepto de coherencia hemodinámica periférica dinámica.

Gracias a ello se determinó que la diferencia de temperatura entre el ortejo distal y la palma, podrían funcionar como simil a llenado capilar.

Rendimiento diagnóstico del delta de temperatura distal–palmar

Se evaluó el rendimiento diagnóstico del delta de temperatura distal–palmar (ΔT), definido como:

$$\Delta T = T_{\text{palma}} - T_{\text{ortejo distal}}$$

Considerando que la temperatura palmar se mantiene fisiológicamente mayor que la distal en condiciones de perfusión adecuada. Este parámetro se analizó como marcador de hipoperfusión periférica, utilizando como estándar clínico de referencia el tiempo de llenado capilar mayor a 3 segundos.

El punto de corte óptimo del ΔT se determinó mediante análisis de curvas ROC en cada medición seriada, empleando el índice de Youden ($J = \text{sensibilidad} + \text{especificidad} - 1$) para identificar el umbral con mejor equilibrio diagnóstico. De manera consistente entre las primeras cinco mediciones (0 a 72 horas), el valor de $\Delta T \geq 2.3$ °C mostró el mejor compromiso entre sensibilidad elevada y especificidad clínicamente aceptable. Aunque umbrales cercanos a 2.4–2.5 °C incrementaban la especificidad, su uso implicaba una reducción de la sensibilidad y, por lo tanto, un mayor riesgo de falsos negativos, lo cual resulta clínicamente indeseable en pacientes con sepsis y choque séptico donde la subestimación de la hipoperfusión puede retrasar intervenciones terapéuticas oportunas.

Tabla 6

Corte delta	Sensibilidad	1-Especificidad	Especificidad
1.55	0.974	0.954	0.046
1.8	0.949	0.721	0.279
2.1	0.949	0.472	0.528
2.3	0.949	0.227	0.773
2.4	0.949	0.089	0.911
2.5	0.923	0.012	0.988

Por esta razón, se adoptó un punto de corte único de $\Delta T \geq 2.3$ °C para todas las mediciones seriadas, priorizando la detección temprana de hipoperfusión periférica y manteniendo consistencia metodológica a lo largo del seguimiento temporal.

Rendimiento diagnóstico por medición seriada

El análisis mediante tablas cruzadas (llenado capilar vs. hipoperfusión por $\Delta T \geq 2.3$ °C) mostró el siguiente comportamiento diagnóstico:

Tabla 7

Tiempo N válido Sensibilidad (%) Especificidad (%) VPP (%) VPN (%)

0 h	364	94.9	71.7	28.7	99.2
1 h	363	100.0	74.5	28.8	100.0
6 h	348	100.0	75.6	20.0	100.0
24 h	323	100.0	73.3	8.7	100.0
72 h	317	100.0	81.0	9.2	100.0
7 días	301	No estimable*	No estimable*	—	—

*En la medición a 7 días no fue posible estimar sensibilidad ni especificidad debido a que la variable de referencia (hipoperfusión por llenado capilar) se comportó como constante, generando separación perfecta e imposibilitando el cálculo de parámetros diagnósticos.

Estos resultados muestran que el $\Delta T \geq 2.3$ °C mantiene una sensibilidad muy elevada en todas las mediciones tempranas e intermedias (94.9–100%), con especificidad moderada y variable (71.7–81.0%). Destaca particularmente su alto valor predictivo negativo ($\approx 100\%$), lo que sugiere que un ΔT inferior al punto de corte descarta de forma confiable la presencia de hipoperfusión periférica.

Estimación del rendimiento diagnóstico global

Para obtener una estimación global del rendimiento diagnóstico del ΔT (en las 6 mediciones), se integraron los conteos acumulados de verdaderos positivos (VP), falsos negativos (FN), falsos positivos (FP) y verdaderos negativos (VN) de todas las mediciones entre 0 y 72 horas. A partir de estos totales se recalcularon los parámetros diagnósticos mediante las fórmulas estándar:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$$

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

$$\text{Valor predictivo positivo} = \frac{VP}{\frac{VP + FP}{VN}}$$

$$\text{Valor predictivo negativo} = \frac{VN}{VN + FN}$$

Sustituyendo, el análisis global mostró:

- Sensibilidad: 98.1%
- Especificidad: 75.2%
- Valor predictivo positivo: 20.8%
- Valor predictivo negativo: 99.8%

Estos hallazgos indican que el ΔT distal–palmar constituye un marcador altamente sensible para la detección de hipoperfusión periférica, con excelente capacidad para descartar su presencia cuando el valor es menor a 2.3 °C. Dado su carácter cuantitativo y menos dependiente del observador, el delta térmico representa una medida más objetiva que el tiempo de llenado capilar. En este contexto, el ΔT podría considerarse un sustituto fisiológico potencial del llenado capilar para la evaluación de hipoperfusión periférica, especialmente en escenarios donde la valoración clínica es incierta o subjetiva. De manera particular, en pacientes con tiempo de llenado capilar dentro de límites normales pero con sospecha clínica de hipoperfusión, un ΔT elevado podría identificar alteraciones microcirculatorias no evidentes en la exploración clínica convencional.

En conjunto, los resultados respaldan el uso de un punto de corte único de $\Delta T \geq 2.3$ °C, seleccionado mediante el índice de Youden y validado por su desempeño consistente en mediciones seriadas tempranas, evitando la necesidad de umbrales

variables según el tiempo de evolución clínica.

Coherencia hemodinámica

Se construyó una variable dicotómica denominada “estabilidad macrohemodinámica clínica” para cada una de las seis mediciones seriadas. Se consideró estabilidad cuando el paciente cumplía simultáneamente los siguientes criterios: frecuencia cardíaca < 110 latidos por minuto, presión arterial sistólica ≥ 90 mmHg, tensión arterial media ≥ 65 mmHg y ausencia de soporte con aminas vasoactivas. La presencia de cualquiera de estos parámetros fuera de rango clasificó al paciente como inestable.

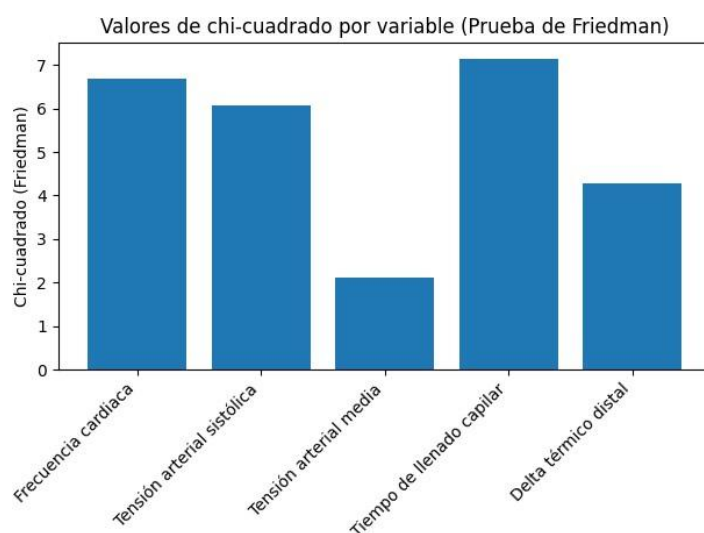


Gráfico 14 Valores de Chi

Para evaluar la direccionalidad temporal entre la perfusión periférica y la estabilidad macrohemodinámica, se realizó un análisis longitudinal por pares de mediciones consecutivas. Se construyeron variables de evento futuro, definiendo la necesidad de aminas y el estado macrohemodinámico en las mediciones subsecuentes respecto a la evaluación de hipoperfusión o estabilidad en la medición previa (M_i).

Se analizaron tablas de contingencia para determinar si la presencia de hipoperfusión periférica, definida tanto por tiempo de llenado capilar como por delta térmico distal–palmar, se asociaba con la necesidad futura de soporte vasoactivo.

Asociación entre hipoperfusión periférica y necesidad futura de aminos vasoactivas

Análisis comparativo global: llenado capilar vs termografía (ΔT)

Se evaluó la asociación entre hipoperfusión periférica y necesidad subsecuente de aminos vasoactivas en las mediciones seriadas (1 a 5), utilizando dos métodos:

- Perfusión periférica por llenado capilar (Perfusión1–4)
- Perfusión por gradiente térmico distal–palmar (ΔT) (N_perfusión1–4)

Se realizaron análisis bivariados (chi-cuadrada, OR con IC95%) y modelos de regresión logística ajustados por uso basal de aminos en el mismo encuentro.

Tabla 8

Asociación cruda entre hipoperfusión y aminos futuras

Medición	Método	N válidos	χ^2 (gl=1)	p	OR	IC95%
1	Llenado capilar	363	53.564	<0.001	11.396	5.322–24.403
2	Llenado capilar	348	34.365	<0.001	11.840	4.356–32.180
3	Llenado capilar	322	15.291	<0.001	22.417	2.452–204.901
4	Llenado capilar	317	5.992	0.014	6.068	1.187–31.026
5	Llenado capilar	—	No estimable	—	—	—
1	ΔT (N_perfusión)	362	7.248	0.007	1.979	1.198–3.267
2	ΔT (N_perfusión)	348	—	0.042	1.768	1.017–3.072
3	ΔT (N_perfusión)	322	0.305	0.580	1.204	0.623–2.330

Asociación cruda entre hipoperfusión y aminas futuras

Medición	Método	N válidos	χ^2 (gl=1)	p	OR	IC95%
4	ΔT (N_perfusión)	317	1.086	0.297	1.419	0.733–2.749
5	ΔT (N_perfusión)	—	No estimable	—	—	—

Análisis multivariado ajustado por uso basal de aminas

Modelo general:

$$\text{Aminas_fut}_t = \beta_0 + \text{Hipoperfusión}_t + \text{Aminas}_t$$

Tabla 9

Regresión logística ajustada llenado capilar								
Medición	R ² Nagelkerke	Hosmer–Lemeshow p	OR ajustado Perfusión	IC95%	p	OR Aminas basal	IC95%	p
1	0.196	0.198	5.111	1.958–13.343	0.001	2.784	1.294–5.989	0.009
2	0.403	0.990	2.077	0.416–10.379	0.373	94.054	20.664–428.101	<0.001
3	—	—	Modelo inestable	—	—	Separación	—	—
4	0.586	0.903	0.711	0.012–42.019	0.870	491.6	59.6–4055	<0.001
5	—	—	No estimable	—	—	—	—	—

Tabla 10

Regresión logística ajustada. Delta de temperatura palmar-distal								
Medición	R ² Nagelkerke	Hosmer– Lemeshow p	OR ajustado ΔT	IC95%	p	OR Aminas basal	IC95%	p
1	0.155	0.096	1.276	0.729– 2.231	0.393	5.711	3.113– 10.479	<0.001
2	0.401	0.990	1.140	0.550– 2.362	0.725	113.187	25.833– 495.924	<0.001
3	0.584	1.000	0.495	No estable	0.271	No interpretable	—	0.997
4	0.589	0.903	0.629	0.231– 1.708	0.363	483.087	61.7– 3778	<0.001
5	—	—	No estimable	—	—	—	—	—

En el análisis bivariado, el llenado capilar mostró asociación consistente y de mayor magnitud con la necesidad futura de aminas en las mediciones 1 a 4, con OR crudos entre 6.0 y 22.4, todos con evidencia estadística.

El ΔT (N_perfusión) mostró asociación significativa únicamente en las mediciones tempranas (1 y 2), con OR cercanas a 2, perdiendo asociación en las mediciones 3 y 4.

En los modelos ajustados, el llenado capilar mantuvo valor predictivo independiente únicamente en la medición 1 (OR ajustado 5.111; p=0.001). En mediciones posteriores, el uso basal de aminas concentró la mayor parte de la capacidad predictiva, con OR elevadas y significativas.

En la medición 5, el desenlace fue constante, impidiendo estimaciones inferenciales.

En conclusión, el llenado capilar mostró mayor magnitud de asociación cruda con necesidad futura de aminos en comparación con el ΔT , particularmente en las fases tempranas. Sin embargo, en mediciones tardías, el curso hemodinámico basal (uso de aminos en el mismo encuentro) concentró la capacidad predictiva del desenlace. La interpretación longitudinal debe considerar la reducción progresiva del tamaño muestral y la naturaleza no aleatoria de las pérdidas.

Perfusión periférica y coherencia hemodinámica

Perfusión por llenado capilar y evolución macrohemodinámica futura

Tabla 11

Tabla. Llenado capilar vs Inestabilidad				
Medición	N	% Inestabilidad Normal	% Inestabilidad Hipoperfusión	χ^2 (p)
1	364	34.4%	97.4%	55.890 (<0.001)
2	363	33.7%	100%	56.400 (<0.001)
3	348	31.4%	100%	38.816 (<0.001)
4	319	25.9%	100%	16.307 (<0.001)
5	316	21.9%	100%	20.001 (<0.001)

Se evaluó la asociación entre hipoperfusión periférica determinada por tiempo de llenado capilar y la presencia de inestabilidad macrohemodinámica futura en las mediciones seriadas 1 a 5.

En el análisis global (no ajustado), se observó asociación estadísticamente significativa en todas las mediciones evaluadas (χ^2 de Pearson con $p < 0.001$ en cada una). La proporción de inestabilidad futura en pacientes con hipoperfusión por llenado capilar fue consistentemente del 100% en las mediciones 2 a 5, y 97.4% en la medición 1, en contraste con proporciones que oscilaron entre 21.9% y 34.4% en el grupo con perfusión normal. Las tablas generales muestran los valores exactos de χ^2 , razones de momios e intervalos de confianza para cada medición.

Sin embargo, al estratificar por el estado macrohemodinámico basal (Macro_i), la asociación desapareció de manera consistente dentro del estrato de pacientes ya macroinestables ($p > 0.05$ en todas las mediciones). En el estrato macroestable, en múltiples mediciones la variable de perfusión se comportó como constante, impidiendo el cálculo de estadísticos inferenciales formales debido a ausencia de variabilidad suficiente.

En los modelos de regresión logística ajustados por estado macrohemodinámico basal, el estado macro actual fue un predictor independiente robusto del desenlace en todas las mediciones ($p < 0.001$), mientras que la perfusión por llenado capilar no mantuvo asociación independiente tras el ajuste. En varias mediciones se observó separación cuasi perfecta (coeficientes extremadamente elevados y $p \approx 1.0$ para la variable de perfusión), fenómeno compatible con escasa variabilidad en determinados estratos y con predominio del estado macro basal como determinante del desenlace.

En conjunto, estos hallazgos indican que la hipoperfusión por llenado capilar muestra fuerte asociación bivariada con deterioro macrohemodinámico subsecuente, pero dicha asociación se encuentra estrechamente vinculada al estado macro basal, perdiendo independencia estadística cuando este se incorpora al modelo.

Perfusión por termografía (Δ térmico distal–palmar) y evolución macrohemodinámica futura

Tabla 12

Tabla 12. Termografía vs Inestabilidad.					
Medición	N	% Inestabilidad si Normal	% Inestabilidad si Hipoperfusión	χ^2 (p)	OR (Normal vs Hipoperfusión)
1	363	34.5%	53.1%	11.920 (0.001)	0.464 (0.299–0.720)
2	363	31.4%	57.6%	22.787 (<0.001)	0.337 (0.214–0.531)
3	348	33.5%	40.0%	1.331 (0.249)	0.755 (0.467–1.218)
4	319	25.7%	31.5%	1.092 (0.296)	0.752 (0.440–1.285)

La perfusión periférica evaluada mediante delta térmico mostró un comportamiento dinámico a lo largo de las mediciones.

En el análisis global, se observó asociación significativa entre hipoperfusión térmica e inestabilidad macrohemodinámica futura en las mediciones 1 y 2 ($\chi^2 = 11.920$; $p = 0.001$ y $\chi^2 = 22.787$; $p < 0.001$, respectivamente). En dichas mediciones, la proporción de inestabilidad futura fue mayor en el grupo con hipoperfusión térmica (53.1% y 57.6%) en comparación con el grupo con perfusión normal (34.5% y 31.4%). Las razones de momios estimadas fueron 0.464 (IC95% 0.299–0.720) y 0.337 (IC95% 0.214–0.531), respectivamente.

En las mediciones subsecuentes (3 y 4), no se observaron asociaciones estadísticamente significativas en el análisis global ($p > 0.05$), con reducción progresiva de la diferencia entre grupos.

El análisis estratificado por estado macrohemodinámico basal mostró que, en la medición 2, la hipoperfusión térmica se asoció significativamente con deterioro

macrohemodinámico subsecuente dentro del subgrupo inicialmente macroestable ($\chi^2 = 6.238$; $p = 0.013$; OR = 0.443; IC95% 0.231–0.848). Este hallazgo no se observó en pacientes macroinestables ni en mediciones posteriores.

En el modelo de regresión logística ajustado correspondiente a la medición 2, la hipoperfusión térmica mantuvo asociación independiente con inestabilidad macrohemodinámica futura (OR = 2.244; IC95% 1.197–4.205; $p = 0.012$), aun tras ajustar por el estado macro basal. En contraste, en las demás mediciones la variable térmica no mostró asociación independiente tras el ajuste.

La medición 6 no fue analizada para desenlace futuro debido a ausencia de casos de inestabilidad clínica subsecuente, lo que generó un desenlace constante sin variabilidad suficiente para estimación inferencial.

Integración comparativa

Al integrar ambos métodos de evaluación de perfusión periférica, se observa un patrón diferenciado:

- El llenado capilar mostró asociación bivariada consistente con deterioro macrohemodinámico subsecuente en todas las mediciones, pero perdió independencia estadística tras ajuste por estado macro basal.
- La termografía mostró asociación significativa en mediciones tempranas, destacando la medición 2, donde mantuvo independencia estadística incluso tras ajuste, particularmente en pacientes inicialmente macroestables.

Este comportamiento sugiere que el llenado capilar identifica principalmente estados de hipoperfusión ya vinculados a inestabilidad macrohemodinámica manifiesta, mientras que el delta térmico podría reflejar, en una ventana temporal específica, alteraciones microcirculatorias precedentes al deterioro macrohemodinámico clínicamente evidente.

Debe considerarse que el tamaño muestral disminuyó progresivamente en mediciones tardías, con pérdidas no aleatorias compatibles con defunción, lo que introduce potencial sesgo por supervivencia y limita la inferencia longitudinal estricta.

Tabla 13

Microperfusión → inestabilidad macrohemodinámica futura														
Medición	Llenado N	Llenado Inestables si normal	Llenado Inestables si hipoperf	Llenado χ^2	Llenado p	Llenado Fisher	Llenado Medida de efecto (reportada)	Delta N	Delta Inestables si normal	Delta Inestables si hipoperf	Delta χ^2	Delta p	Delta Fisher	Delta Medida de efecto (reportada)
1	364	112 (34.4%)	37 (97.4%)	55.89	<0.001	—	OR 0.014 (IC95% 0.002–0.104)	363	81 (34.5%)	68 (53.1%)	11.92	=0.001	=0.001	OR 0.464 (IC95% 0.299–0.720); RR 0.649
2	363	111 (33.7%)	34 (100%)	56.4	<0.001	<0.001	Riesgo de inestabilidad 0.337 (IC95% 0.290–0.393)	363	77 (31.4%)	68 (57.6%)	22.787	<0.001	<0.001	OR 0.337 (IC95% 0.214–0.531); RR 0.545
3	348	103 (31.4%)	20 (100%)	38.816	<0.001	<0.001	Riesgo de inestabilidad 0.314 (IC95% 0.268–0.368)	348	83 (33.5%)	40 (40.0%)	1.331	=0.249	=0.266	OR 0.755 (IC95% 0.467–1.218); RR 0.837
4	319	81 (25.9%)	6 (100%)	16.307	<0.001	<0.001	Riesgo de inestabilidad 0.259 (IC95% 0.215–0.312)	319	59 (25.7%)	28 (31.5%)	1.092	=0.296	=0.327	OR 0.752 (IC95% 0.440–1.285); RR 0.815
5	316	68 (21.9%)	6 (100%)	20.001	<0.001	<0.001	RR 0.219 (IC95% 0.178–0.271)	—	—	—	—	—	—	—

Tabla 14

Estratificado por estado macro basal (coherencia hemodinámica)

Medición	Llenado estrato macroinestable	p Llenado estrato macroestable	p Delta estrato macroinestable	p Delta Fisher macroinestable	Delta estrato macroestable	p Delta Fisher macroestable
1	0.110	0.565	0.317	=0.557	0.894	=1.000
2	0.200	Constante (sin variación)	0.558	—	0.013	=0.019
3	0.144	Constante (sin variación)	0.155	—	0.058	=0.040
4	0.367	Constante (sin variación)	0.978	—	0.114	—
5	0.246	Constante (sin variación)	—	—	—	—

Tabla 15

Regresión logística (ajustada por macro basal)												
Medición	LC_OR (ajustada)	LC_IC95_OR	LC_p	Macro_OR	Macro_IC95_OR	Macro_p	DT_OR (ajustada)	DT_IC95_OR	DT_p	DT_Macro_OR	DT_Macro_IC95_OR	DT_Macro_p
1	3.782	0.356 – 40.218	0.270	0.019	0.005 – 0.067	<0.001	0.965	0.539 – 1.729	0.905	78.465	23.661 – 260.204	<0.001
2	79,449,629	—	0.998	0.011	0.003 – 0.038	<0.001	2.244	1.197 – 4.205	0.012	0.008	0.002 – 0.026	<0.001
3	176,692,604	—	0.998	0.020	0.008 – 0.046	<0.001	0.669	0.316 – 1.413	0.292	0.014	0.006 – 0.033	<0.001
4	221,731,890	—	0.999	0.018	0.008 – 0.044	<0.001	1.693	0.811 – 3.534	0.161	0.016	0.007 – 0.038	<0.001
5	—	—	0.999	0.020	0.009 – 0.044	<0.001	—	—	—	—	—	—

Tabla 16

Métricas del modelo (ómbibus, R ² , Hosmer–Lemeshow, exactitud)									
Medición	LC_Exactitud_global_%	DT_Omnibus_χ ²	DT_R ² _CoxSnell	DT_R ² _Nagelkerke	LC_Omnibus_χ ²	LC_Hosmer-Lemeshow	LC_R ² _CoxSnell	LC_R ² _Nagelkerke	DT_Hosmer-Lemeshow
1	79.7	150.317	0.339	0.457	—	—	—	—	—
2	85.4	211.115	0.441	0.596	207.545	1.000	0.435	0.589	0.997

Métricas del modelo (ómbibus, R ² , Hosmer–Lemeshow, exactitud)									
Medición	LC_Exactitud_global_%	DT_Omnibus_χ ²	DT_R ² _CoxSnell	DT_R ² _Nagelkerke	LC_Omnibus_χ ²	LC_Hosmer-Lemeshow	LC_R ² _CoxSnell	LC_R ² _Nagelkerke	DT_Hosmer-Lemeshow
3	86.8	185.067	0.412	0.567	187.542	1.000	0.417	0.573	0.095
4	88.4	146.850	0.369	0.535	146.388	1.000	0.368	0.533	0.795
5	—	—	—	—	147.670	1.000	0.373	0.563	—

Cumplimiento del Objetivo General

El objetivo general del estudio fue evaluar si la termografía permite detectar hipoperfusión periférica y su relación con coherencia hemodinámica en pacientes con sepsis.

Con base en los resultados:

- ✓ Se logró caracterizar la relación entre delta térmico y llenado capilar.
- ✓ Se evaluó su comportamiento longitudinal.
- ✓ Se analizó su independencia respecto al estado macro basal.

Por lo tanto, el objetivo general fue cumplido.

Cumplimiento de Objetivos Específicos

1. Determinar el punto de corte óptimo del delta térmico → ✓ Cumplido ($\Delta T \geq 2.3$ °C mediante ROC).
2. Evaluar sensibilidad y especificidad → ✓ Cumplido.
3. Analizar asociación con estabilidad macrohemodinámica → ✓ Cumplido.
4. Evaluar independencia mediante regresión logística → ✓ Cumplido.
5. Analizar comportamiento longitudinal → ✓ Cumplido.

Todos los objetivos específicos fueron alcanzados conforme a lo planteado en el protocolo.

Evaluación de la Hipótesis

Para la evaluación de la hipótesis se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Se consideró evidencia estadística a favor de una hipótesis cuando los hallazgos fueron consistentes y reproducibles a lo largo de las mediciones y se mantuvieron tras ajustar por el estado macrohemodinámico basal.

Criterios de decisión metodológica

1. Consistencia longitudinal: se consideró que un método ofrece mejor correlación con coherencia hemodinámica si su asociación con la inestabilidad macrohemodinámica se reproduce de forma sostenida en el seguimiento.
2. Independencia (ajuste): se consideró mayor evidencia cuando el predictor mantiene significancia estadística en modelos ajustados por el estado macro basal.
3. Robustez del hallazgo: asociaciones aisladas en un solo punto temporal se interpretaron como hallazgos dependientes del momento evolutivo, y no como demostración de superioridad global.

Resultados relevantes para la decisión

1) Asociación bivariada (χ^2)

- El llenado capilar mostró asociación significativa con inestabilidad macrohemodinámica futura de manera consistente ($p < 0.001$ en mediciones 1–5).
- El delta térmico mostró asociación bivariada significativa solo en mediciones tempranas (medición 1: $p = 0.001$; medición 2: $p < 0.001$), pero dejó de ser significativo en mediciones posteriores (medición 3: $p = 0.249$; medición 4: $p = 0.296$).

Interpretación metodológica: el llenado capilar presenta un patrón más consistente longitudinalmente.

2) Estratificación por estado macro basal (coherencia hemodinámica)

- Tras estratificar por el estado macro basal, el llenado capilar no mostró asociación adicional dentro de estratos macroinestables y en macroestables

hubo ausencia de variabilidad en varias mediciones (constante), lo cual indica dependencia fuerte del estado macro.

- En delta térmico, se observó significancia en macroestables únicamente en la medición 2 ($p = 0.013$).

Interpretación metodológica: la evidencia de disociación micro–macro detectada por termografía fue puntual y no sostenida en el seguimiento.

3) Regresión logística ajustada (independencia)

- En regresión logística ajustada por estado macro basal:
 - El llenado capilar no mostró asociación independiente con el desenlace ($p > 0.05$ en mediciones 1–5).
 - El delta térmico solo mostró asociación independiente en una medición (medición 2: $p = 0.012$) y no en el resto ($p > 0.05$ en mediciones 1, 3 y 4).

Interpretación metodológica: un hallazgo significativo en un solo punto temporal no constituye evidencia suficiente de superioridad global del método, particularmente cuando no se reproduce en mediciones posteriores.

Bajo los criterios establecidos (consistencia longitudinal + robustez + reproducibilidad + comportamiento global en análisis ajustado), no se demuestra que la termografía sea inferior o superior al llenado capilar de forma consistente en su correlación con coherencia hemodinámica y perfusión, considerándose equiparable.

Por lo tanto, con base en el conjunto de análisis:

Se acepta la hipótesis nula (H_0) y, en consecuencia, se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

Discusión

El presente estudio evaluó la relación entre perfusión periférica y coherencia hemodinámica clínica en pacientes con sepsis mediante un seguimiento longitudinal seriado, utilizando como herramientas el tiempo de llenado capilar y el delta de temperatura distal–palmar (ΔT). Los hallazgos permiten analizar esta relación desde tres dimensiones: asociación global, comportamiento tras ajuste por estado macrohemodinámico basal e implicaciones fisiopatológicas dentro de la dinámica del choque séptico.

Coherencia hemodinámica y comportamiento longitudinal

En el análisis bivariado, el llenado capilar mostró una asociación estadísticamente significativa y consistente con la inestabilidad macrohemodinámica futura en múltiples mediciones. Este comportamiento sugiere que el llenado capilar prolongado se relaciona estrechamente con la presencia o progresión de inestabilidad clínica.

Sin embargo, al ajustar por el estado macrohemodinámico basal, dicha asociación perdió significancia independiente. Este hallazgo indica que el llenado capilar refleja principalmente el estado macrohemodinámico ya comprometido y no necesariamente actúa como predictor independiente cuando se controla por la condición basal del paciente.

El delta térmico mostró un comportamiento distinto. En análisis global presentó asociación significativa en mediciones tempranas, y en una medición intermedia específica mantuvo asociación independiente tras ajuste. No obstante, este hallazgo no fue reproducible en mediciones posteriores, lo que sugiere que su valor independiente puede depender del momento evolutivo del choque y no representar una superioridad sostenida frente al llenado capilar.

En conjunto, el patrón longitudinal respalda que ambas herramientas se comportan de manera dependiente del estado macro basal y que la coherencia hemodinámica clínica influye significativamente en la interpretación de la perfusión periférica.

Interpretación fisiopatológica

El choque séptico es un proceso dinámico caracterizado por alteraciones progresivas y fluctuantes en precarga, poscarga, tono vascular y microcirculación. La pérdida de coherencia hemodinámica implica que la microcirculación puede deteriorarse de manera no perfectamente paralela a los parámetros macrocirculatorios.

En este estudio, el llenado capilar se comportó como marcador robusto de inestabilidad macro establecida. Esto es fisiopatológicamente coherente, ya que el llenado capilar prolongado suele aparecer cuando la perfusión sistémica ya está comprometida.

El delta térmico, por su parte, mostró sensibilidad elevada y alto valor predictivo negativo. Esto sugiere que la termografía podría detectar alteraciones microcirculatorias incluso antes de la descompensación clínica evidente en una ventana temporal específica. Sin embargo, dado que esta independencia no se sostuvo longitudinalmente, no puede afirmarse que represente una herramienta consistentemente superior para anticipar deterioro macrohemodinámico.

Valor clínico del alto valor predictivo negativo del delta térmico

Uno de los hallazgos más relevantes fue el valor predictivo negativo cercano al 100% del $\Delta T \geq 2.3$ °C en el análisis global acumulado.

Desde una perspectiva clínica, esto implica que un delta térmico por debajo del punto de corte tiene alta probabilidad de descartar hipoperfusión periférica clínicamente relevante y, por extensión, bajo riesgo inmediato de progresión hacia choque.

Es importante precisar que:

- El delta térmico no predijo de forma tan consistente como el llenado capilar la necesidad inminente de uso de aminos vasoactivas.
- El llenado capilar mostró asociación más fuerte con inestabilidad macro ya establecida.
- Sin embargo, el delta térmico puede ser útil como herramienta de descarte temprano, especialmente en escenarios donde se requiere una evaluación rápida y no invasiva.

Por lo tanto, la termografía podría posicionarse como herramienta complementaria dentro de la evaluación seriada, más que como sustituto del llenado capilar.

Uso de aminos y constructo de macroinestabilidad

La variable de estabilidad macrohemodinámica clínica incluyó la ausencia de soporte con aminos vasoactivos como criterio de estabilidad. Es fundamental enfatizar que el uso de aminos no debe interpretarse como predictor causal independiente, sino como manifestación del estado de choque ya establecido.

Un paciente requiere aminos porque está hemodinámicamente inestable; por lo tanto, su uso forma parte del mismo constructo clínico que define macroinestabilidad. La fuerte asociación observada del estado macro basal en los modelos ajustados refleja gravedad hemodinámica y no un efecto independiente del tratamiento.

Esta colinealidad estructural limita la posibilidad de aislar completamente el efecto de variables microcirculatorias frente al estado macro basal.

Variabilidad hemodinámica y dinámica del choque

El choque séptico presenta alta variabilidad temporal. Durante su evolución ocurren ajustes terapéuticos continuos, cambios en soporte vasoactivo y modificaciones en el volumen intravascular. Estos factores pueden influir en la expresión clínica de la perfusión periférica y explicar la falta de consistencia longitudinal de algunos hallazgos.

Además, la disminución progresiva del tamaño muestral por mortalidad intrahospitalaria introduce riesgo competitivo y sesgo de supervivencia, especialmente en mediciones tardías. Esto puede atenuar la magnitud observada de asociaciones microcirculatorias en fases avanzadas.

Integración global

En conjunto, los hallazgos indican que:

- El llenado capilar mantiene una asociación más consistente con inestabilidad macrohemodinámica.
- El delta térmico presenta alta sensibilidad y valor predictivo negativo.
- La independencia pronóstica del delta térmico es puntual y dependiente del momento evolutivo.

- No se demostró superioridad sostenida de la termografía frente al llenado capilar.

Por ello, metodológicamente se acepta la hipótesis nula, al no demostrarse que la termografía sea comparable o superior de forma consistente en sensibilidad y especificidad ni en correlación sostenida con coherencia hemodinámica.

Sin embargo, los resultados sugieren que ambas herramientas podrían ser complementarias: el llenado capilar como marcador robusto de inestabilidad macro ya manifiesta y el delta térmico como herramienta útil para descartar deterioro inmediato y monitorizar la evolución microcirculatoria.

Conclusiones

El presente estudio permitió evaluar de manera longitudinal la relación entre perfusión periférica y coherencia hemodinámica clínica en pacientes con sepsis, mediante el uso de tiempo de llenado capilar y delta de temperatura distal–palmar.

En relación con el objetivo general, se logró analizar si la termografía permite detectar hipoperfusión periférica y su relación con la coherencia hemodinámica clínica en esta población. Se caracterizó su comportamiento a lo largo de seis mediciones seriadas, se determinó un punto de corte óptimo mediante curvas ROC ($\Delta T \geq 2.3$ °C), se evaluó su rendimiento diagnóstico y se analizó su independencia mediante modelos multivariados. Por lo tanto, el objetivo general fue cumplido.

Respecto a los objetivos específicos, se logró:

1. Determinar el punto de corte óptimo del delta térmico mediante análisis ROC e índice de Youden, adoptando un umbral uniforme para todas las mediciones.
2. Evaluar sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo del ΔT respecto al llenado capilar.
3. Analizar la asociación entre perfusión periférica y estabilidad macrohemodinámica clínica.
4. Evaluar independencia mediante regresión logística ajustada por estado macro basal.
5. Analizar el comportamiento longitudinal de variables macro y microcirculatorias.

Todos los objetivos específicos fueron alcanzados conforme a lo planteado en el protocolo.

En cuanto a la hipótesis nula: no se sostiene completamente, ya que el delta térmico mostró asociación independiente con deterioro macrohemodinámico en una medición intermedia específica. Sin embargo, la hipótesis alternativa recibe apoyo parcial, dado que la termografía no demostró superioridad consistente sobre el llenado capilar en todas las mediciones, aunque sí evidenció utilidad diagnóstica relevante en una ventana temporal particular.

El tiempo de llenado capilar mostró una asociación robusta con inestabilidad macrohemodinámica en análisis bivariado, particularmente cuando el estado macro ya se encontraba comprometido. No obstante, perdió significancia independiente tras ajuste por estado macro basal, lo que sugiere que actúa principalmente como marcador de inestabilidad ya establecida.

Por su parte, el delta térmico distal–palmar ≥ 2.3 °C mostró una sensibilidad elevada y un valor predictivo negativo muy alto en el análisis global. Este hallazgo sugiere que la termografía podría emplearse clínicamente como herramienta para descartar progresión inmediata hacia choque en pacientes con sepsis. Si bien el delta térmico no predijo con la misma consistencia que el llenado capilar la necesidad inminente de uso de aminas vasoactivas, sí mostró asociación independiente en una medición intermedia, lo que sugiere la posible existencia de una ventana temporal de pérdida transitoria de coherencia hemodinámica.

Es fundamental interpretar el uso de aminas dentro del contexto fisiopatológico del choque. La administración de aminas no debe considerarse un predictor causal independiente, sino un marcador clínico del estado de choque ya establecido. La persistencia de su uso refleja gravedad hemodinámica subyacente y forma parte del constructo de inestabilidad macro, por lo que su fuerte asociación en modelos ajustados debe entenderse como expresión del estado clínico y no como factor independiente de riesgo.

Asimismo, la naturaleza dinámica y no lineal del choque séptico, junto con la disminución progresiva del tamaño muestral por mortalidad intrahospitalaria, introduce variabilidad y riesgo competitivo que deben considerarse al interpretar los resultados, particularmente en mediciones tardías.

En conjunto, los hallazgos sugieren que el llenado capilar y la termografía no deben considerarse herramientas excluyentes, sino complementarias. El llenado capilar se comporta como marcador robusto de inestabilidad macrohemodinámica ya manifiesta, mientras que el delta térmico muestra utilidad como herramienta de

descarte temprano y posible indicador de alteración microcirculatoria en una fase intermedia específica del proceso séptico.

Estos resultados contribuyen a la comprensión de la relación dinámica entre microcirculación y estado macrohemodinámico en sepsis, y apoyan la necesidad de continuar investigando herramientas no invasivas que permitan identificar precozmente alteraciones en la coherencia hemodinámica.

Anexos.

Cronograma de actividades.

	Febrero 2024	Marzo 2024	Mayo a Junio 2024	Julio 2024	Agosto a Septiembre 2024	Septiembre 2024	Octubre 2024	Diciembre 2024	Febrero a Marzo 2025	Abril-14 junio 2025	15 Junio-15 febrero 2026	Febrero 2026	Febrero – marzo 2026
Elaboración de pregunta de investigación	P R												
Elección de bibliografía		P R											
Elaboración de marco teórico.			P R										
Elaboración de Justificación y planteamiento del problema				P R	P R								
Elaboración de Objetivos e hipótesis						P R							
Elaboración de Metodología							P R						
Elaboración de Anexos								P R					
Presentación ante comité de investigación									P R				

Realización de correcciones										P R			
Aprobación de protocolo.										P R			
Recopilación de datos											P R		
Análisis y resultados												P R	
Impresión y encuadernado del trabajo													P R
Presentación del trabajo													P

P= PROPUESTO. R= REALIZADO.

Cédula de recolección de datos.

Cédula de recolección de datos del protocolo de investigación
Instituto Mexicano del Seguro Social
Hospital General de Zona No. 50

Cédula de recolección de datos, elaborada por autoría propia para el presente protocolo de investigación:

1) Datos demográficos

Iniciales		Sexo	
Edad		Folio	

2) Comorbilidades

Diabetes	
Hipertensión Arterial Sistémica	
Obesidad	
Reumatológicos	
Otros	

3) Datos al diagnóstico

Horas transcurridas desde el diagnóstico hasta la 1ª medición	
Sitio de infección	
Volumen total administrado antes de la inclusión al estudio	
Tiempo de evolución en hospital hasta inicio de aminos vasoactivos	
Número de intervenciones con cristaloides, coloides o hemoderivados	
Tiempo de llenado capilar al inicio del estudio	
Termografía inicial	
Temperatura de la sala hospitalaria al diagnóstico.	
Temperatura corporal basal inicial	
Saturación por oximetría inicial	
Frecuencia cardíaca inicial	
TAM inicial	
Presión de pulso inicial	

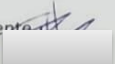
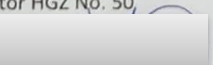
Criterios diagnósticos de choque séptico (Sepsis-3):

1. Presencia confirmada o sospechada de infección.
2. Hipotensión persistente que requiere vasopresores para mantener una presión arterial media (PAM) ≥ 65 mmHg.
3. Lactato sérico elevado >2 mmol/L (18 mg/dL), a pesar de una adecuada reposición de volumen.

Escala SOFA

PaO ₂ /FiO ₂		BILIRRUBINAS (mg/dL)	
≥ 400	0	<1.2	0
300-399	1	1.2-1.9	1
200-299	2	2.0-5.9	2
<199 y NO VM	2	6.0-11.9	3
100-199 y VM	3	≥ 12.0	4
<100 y VM	4		
Plaquetas		PAM O AGENTES VASOACTIVOS	
≥ 150 mil	0	NO HIPOTENSION	0
100-149 mil	1	PAM <70 MMHG	1
50-99 mil	2	DOPAMINA <5 O DOBUTAMINA	2
20-49 mil	3	DOPAMINA >5 , EPINEFRINA ≤ 0.1 O NOREPINEFRINA ≤ 0.1	3
<20 mil	4	DOPAMINA >15 , EPINEFRINA >0.1 , NOREPINEFRINA >0.1	4
ECG		CREATININA SERICA (mg/dL)	
15	0	<1.2	0
13 a 14	1	1.2-1.9	1
10 a 12	2	2.0-3.4	2
6 a 9	3	3.5-4.9	3
<6	4	≥ 5.0	4

Carta de no inconvenientes

 Gobierno de México	 INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL	
Organo Operativo de Administración Desconcentrada San Luis Potosí Hospital General de Zona No. 50 Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud		Of. N° 124 /03/2025 - CCEIS San Luis Potosí, a 6 de marzo de 2025
Para: Comité Local de Investigación en Salud 2402 SLP		Con atención: Dr. Juan Diego Macías Limón MNF HGZ No. 50
Motivo: Carta de No Inconveniencia para realizar protocolo de investigación.		
A través del presente le envío un cordial saludo y me permito comentar que con respecto a su protocolo de investigación titulado:		
" Termografía como método para detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica vs tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del Hospital General de Zona No. 50 " ;		
con los siguientes investigador (es) asociado(s) a: Dr. José Alí Barraza Celis MNF y Dra. Lorena Abril Flores Avendaño (residente del 4to año de medicina interna de HGZ No. 50)		
Me permito informar que no hay inconveniencia para que dicho proyecto se desarrolle en el HGZ No. 50. Solicito a Usted cumpla con los tiempos y fases de su cronograma así mismo de seguimiento a los informes técnicos correspondientes y demás aspectos de buenas prácticas de investigación que la Coordinación de Investigación en Salud de nuestro Instituto ha establecido. Debo mencionar que el alumno deberá ser registrado como investigador asociado y también como tesista en la plataforma SIRELCIS. No omito mencionar que una vez autorizado su protocolo de manera inmediata deberá de entregar en esta coordinación el dictamen impreso de autorización, así como al final deberá entregar el dictamen de conclusión del trabajo		
Atentamente,		
		
Dr. Guillermo E. Monsiváis Salazar Director HGZ No. 50,		
		
Dr. Jorge A. García Hernández Coordinador Clínico de Educación e Investigación en salud.		
		
2025 Año de La Mujer Indígena		
Av. Tangamanga No. 205 Col. Prados de San Vicente 1era sección. CP 78397 San Luis Potosí Tel: (44) 48216363 Ext. 246 www.imss.gob.mx		

Consentimiento informado.



Carta de consentimiento informado para participación en protocolos de investigación en salud (adultos)

Hospital General de Zona No. 50

San Luis Potosí, SLP., a 14 de abril de 2025

Lugar y fecha

No. de registro institucional:

Título del protocolo:

“Termografía como método para detección de hipoperfusión y coherencia hemodinámica vs tiempo de llenado capilar en pacientes con sepsis del hospital general de zona HGZ 50 en San Luis Potosí”

Justificación y objetivo de la investigación:

Este estudio busca encontrar una forma más precisa y temprana de detectar problemas de circulación sanguínea en pacientes con sepsis usando una cámara de imagen térmica.

Procedimientos y duración de la investigación:

Se recopilarán datos generales y resultados de estudios de laboratorio de pacientes con sepsis (infección grave en el paciente) con los que ya cuente el paciente desde su llegada a la unidad. Por parte de los investigadores se tomarán termografía y tiempo de llenado capilar.

Riesgos y molestias:

No se presentan riesgos: se tomarán los resultados de laboratorio ya realizados al paciente propios de su estancia en hospital por medio del sistema PASTEUR (sistema de recopilación de exámenes de laboratorio de la unidad). Se extraerán datos generales para complementar la información del paciente del expediente clínico establecido durante la hospitalización. Se tomarán los datos al momento del ingreso al estudio, tras reanimación con líquidos, uso de sedación o vasoactivos, cada 24h por 3 días, y los días 7 y 28. Los datos que se tomarán por el investigador son: medición de temperatura con imagen a la piel del paciente con dispositivo de cámara térmica, y la realización del tiempo de llenado capilar. (temperatura y llenado capilar corresponden a la exploración física del paciente) y los signos vitales arrojados por el monitor

Beneficios que recibirá al participar en la investigación:

Participar en este estudio permitirá avanzar en el conocimiento y aplicación tecnológica a fin de realizar diagnósticos de manera eficaz y objetiva, lo que resultará de manera futura en intervenciones oportunas que permitan la disminución de las complicaciones y mortalidad.

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:

Se proporcionará información actualizada obtenida durante la investigación.

Participación o retiro:

En cualquier momento de la realización de este estudio, el paciente tendrá la libertad de retirar su consentimiento y continuar su cuidado y tratamiento habitual.

Privacidad y confidencialidad:

No se identificará al paciente y se mantendrá la confidencialidad de la información recabada en la investigación, asimismo, si los resultados de esta investigación se publican, la identidad del paciente se mantendrá anónima.

La base de datos elaborada estará bajo el resguardo del investigador principal, quien será el custodio de la información. Todas las presentaciones y publicaciones que emanen de este trabajo serán comunicadas al departamento de enseñanza a fin de garantizar los derechos correspondientes.

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con la investigación podrá dirigirse a:

Investigadora o Investigador Responsable: Dra. Lorena Abril Flores Avendaño

Teléfono y horario: 5533181972

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a:

Avenida Nicolas Zapata No. 203 Colonia Arboledas de Tequisquiapan, SLP.

Tel. 4448124131

Declaración de consentimiento:

☐	Acepto participar y que se tomen los datos o muestras sólo para este estudio
☐	Acepto participar y que se tomen los datos o muestras para este estudio y/o estudios futuros

Se conservarán los datos o muestras hasta por 5 años tras lo cual se destruirán.

Nombre y firma del participante o representante legal	Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento
Nombre y firma del testigo	Nombre y firma del testigo 2
F-2025-2402-052	

Referencias

1. Cecconi M, Evans L, Levy M, Rhodes A. Sepsis and septic shock. *Lancet*. 2018; 392(75-87).
2. Singer M, Deutschman C, Warren Seymour C, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016; 315(8).
3. García Ayala R, Soto Ticse S, Matos Santiváñez S, Ortiz de Orue A. SHOCK CRYPTIC, EMERGING DIAGNOSTIC. *Rev. Fac. Med. Hum.* 2021; 21(4).
4. Duranteau J, de Backer D, Donadello K, Shapiro N, Hutchings S, Rovas A, et al. The future of intensive care: the study of the microcirculation will help to guide our therapies. *Critical Care*. 2023; 27(190).
5. J. Meyer N, Prescott HC. Sepsis and Septic Shock. *The New England Journal of Medicine*. 2024; 391(22).
6. Huang L, Huang Q, Ma W, Yang H. UNDERSTANDINGHEMODYNAMICINCOHERENCE:MECHANISMS, PHENOTYPES, ANDIMPLICATIONS FOR TREATMENT. *SHOCK*. 2025; 63(3).
7. Gruartmoner G, MEsquida J, Ince C. Microcirculatory monitoring in septic patients: Where do we stand? *ELSEVIER*. 2017; 41(1).
8. Arnemann P, Seidel L, Ertmer C. Haemodynamic coherence d The relevance of fluid therapy. *ELSEVIER*. 2016; 419(427).
9. Papp M, Ince C, Bakker J, Molnar Z. Endothelial Protection and Improved Micro- and Macrocirculation with Hemoadsorption in Critically Ill Patients. *Journal of Clinical Medicine*. 2024; 13(7044).
10. Ince C. Hemodynamic coherence and the rationale for monitoring the microcirculation. *Critical Care*. 2015; 19(S8).

11. De Backer D. Novelties in the evaluation of microcirculation in septic shock. *Journal of Intensive Medicine*. 2023; 124(130).
12. Bakker J, Ince C. Monitoring coherence between the macro and microcirculation in septic shock. *Critical Care*. 2020; 26(3).
13. Contreras R, González C, Kattan E, Bugedo G, Hernández G. Tiempo de relleno capilar: La piel como un marcador de enfermedad y objetivo de reanimación en pacientes en shock séptico. *Rev Chil Med Intensiv*. 2022; 37(1).
14. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, Estenssoro E, Dubin A, Hurtado J, et al. Effect of a Resuscitation Strategy Targeting Peripheral Perfusion Status vs Serum Lactate Levels on 28-Day Mortality Among Patients With Septic Shock The ANDROMEDA-SHOCK Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019; 321(7).
15. Sato J, Sakurai A, Ihara S, Nakagawa K, Chiba N, Saito T, et al. Assessment of Microcirculatory Dysfunction by Measuring Subcutaneous Tissue Oxygen Saturation Using Near-Infrared Spectroscopy in Patients with Circulatory Failure. *diagnostics*. 2024; 14(2428).
16. Huang W, Xiang H, Hu C, Wu T, Zhang D, Ma S, et al. Association of Sublingual Microcirculation Parameters and Capillary Refill Time in the Early Phase of ICU Admission. *Critical Care Medicine*. 2023; 51(7).
17. Kattan E, Bakker J, Estenssoro E, Ospina-Tascón GA, De Becker D, Vieillard-Baron A, et al. Hemodynamic phenotype-based, capillary refill time-targeted resuscitation in early septic shock: The ANDROMEDA-SHOCK-2 Randomized Clinical Trial study protocol. *Rev Bras Ter Intensiva*.. 2022; 34(1).
18. Yuxiang X, Xiunrui W, Zhe G, Xuesong W, Zhong W. A New Approach to Non-Invasive Microcirculation Monitoring: Quantifying Capillary Refill Time Using Oximetric Pulse Waves. *Sensors*. 2025; 25(330).
19. Pragger R, Argaz E, Pratte M, Rola P, Arntfield R, Beaubien-Souligny W, et al. Doppler identified venous congestion in septic shock: protocol for an international, multi-centre prospective cohort study (Andromeda-VEXUS). *BMJ Open*. 2023; 13.

20. Mesquida J. Assessing fluid responsiveness with central venous oxygen saturation: the complex relationship between oxygenation and perfusion. *Mesquida Critical Care*. 2025; 29(85).
21. Rovas A, Sackarnd J, Rossaint J, Kampmeier S, Pavenstadt H, Vink H, et al. Identification of novel sublingual parameters to analyze and diagnose microvascular dysfunction in sepsis: the NOSTRADAMUS study. *Critical Care*. 2021; 25(112).
22. Kintrup S, Listkiewicz L, Arnemann PH, Wagner NM. Nailfold videocapillaroscopy – a novel method for the assessment of hemodynamic incoherence on the ICU. *Critical Care*. 2024; 28(400).
23. Sato J, Sakurai A, Ihara S, Nakagawa K, Chiba N, Saito T, et al. Assessment of Microcirculatory Dysfunction by Measuring Subcutaneous Tissue Oxygen Saturation Using Near-Infrared Spectroscopy in Patients with Circulatory Failure. *Diagnostics*. 2024; 14(2428).
24. Aksu U, Yavuz-Aksu B, Goswami N. Microcirculation: Current Perspective in Diagnostics, Imaging and Clinical Applications. *Journal of Clinical Medicine*. 2024; 13(6762).
25. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Physics & Technology*. 2012; 55.
26. Fernández Cuevas I, Marins JCB, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. *Rev. int. med. cienc. act. fís. deporte*. 2012; 15(60).
27. Elena Scarafoni E. Revisión sistemática sobre el uso de termografía en la evaluación de colgajos de perforantes. *Cir. Plást. Iberolatinoam*. 2021; 47(4).
28. Thomaz de Souza AL, Batalhao ME, Cárnio EC. Estudio de la termorregulación como marcador asociado al empeoramiento del cuadro de la sepsis experimental en un modelo con animales. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2020; 28(e3290).

29. Kazune S, Vasiljevs E, Caica-Rinca A, Marcinkevics Z, Grabovskis A. Infrared Thermography Imaging for Assessment of Peripheral Perfusion in Patients with Septic Shock. *Bioengineering*. 2023; 10(729).
30. Sudhi M, Shetty DK, Balakrishnan JM, Prabhu DR, Kamath R, Girisha S. Thermal Imaging Applications in Shock Detection: Technological Advancements and Clinical Implications. *Eng. Sci.* 2025; 33(1367).
31. Peduzzi P, Concato J, Kemper E, Holford TR, Feinstein AR. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *J Clin Epidemiol*. 1996; 49(12).