



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1048>

Recibido: 2026-05-24

Aceptado: 2026-06-10

Publicado: 2026-08-04

“Avances tecnológicos para la detección de errores preanalíticos en el laboratorio clínico: revisión sistemática”

“Technological advances for the detection of pre-analytical errors in the clinical laboratory: a systematic review”

Autor

Msc. Cristian J. Chicaiza Ch. ¹

Laboratorista Clínico, Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín

chicaizacristian706@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-5214-0761>

Investigador independiente

Quito - Ecuador

Como Citar

Chicaiza Ch., C. J. (2026). “Avances tecnológicos para la detección de errores preanalíticos en el laboratorio clínico: revisión sistemática”. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 1475–1498. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1048>

Resumen

La fase preanalítica del laboratorio clínico es considerada la etapa más vulnerable del proceso diagnóstico debido a la alta frecuencia de errores asociados con la identificación del paciente, la toma, manipulación, transporte y almacenamiento de muestras biológicas. Estos errores afectan la confiabilidad de los resultados y representan un riesgo significativo para la seguridad del paciente. El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar los avances tecnológicos aplicados en la fase preanalítica del laboratorio clínico y su impacto en la detección y reducción de errores. La investigación se desarrolló siguiendo los lineamientos PRISMA mediante una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, ScienceDirect y PubMed Central, además de revistas científicas regionales. Se incluyeron 23 estudios publicados entre 2020 y 2025 relacionados con tecnologías aplicadas en la fase preanalítica. Los resultados evidenciaron que las principales tecnologías implementadas fueron los sistemas automatizados, los códigos de barras, los sistemas de información de laboratorio (LIS) y la inteligencia artificial. De igual manera, los errores preanalíticos más frecuentes identificados fueron la hemólisis, la incorrecta identificación del paciente, el etiquetado inadecuado y los errores en el transporte de muestras. Los estudios analizados coinciden en que la implementación de tecnologías mejora la trazabilidad, reduce la intervención manual y fortalece la calidad diagnóstica y la seguridad del paciente. Se concluye que la integración tecnológica en la fase preanalítica constituye una estrategia fundamental para reducir errores y optimizar los procesos del laboratorio clínico.

Palabras clave: fase preanalítica; laboratorio clínico, automatización; inteligencia artificial; errores preanalíticos; calidad diagnóstica.



Abstract

The pre-analytical phase of the clinical laboratory is considered the most vulnerable stage of the diagnostic process due to the high frequency of errors associated with patient identification and the collection, handling, transportation, and storage of biological samples. These errors compromise the reliability of laboratory results and represent a significant risk to patient safety. The aim of this systematic review was to analyze technological advances applied to the pre-analytical phase of the clinical laboratory and their impact on error detection and reduction. The study was conducted in accordance with PRISMA guidelines through a comprehensive literature search of PubMed, ScienceDirect, PubMed Central, and regional scientific journals. A total of 23 studies published between 2020 and 2025 related to technologies applied in the pre-analytical phase were included. The findings revealed that the main technologies implemented were automated systems, barcode identification systems, laboratory information systems (LIS), and artificial intelligence. The most frequently reported pre-analytical errors included hemolysis, patient misidentification, inadequate labeling, and sample transportation errors. The analyzed studies consistently demonstrated that the implementation of these technologies improves sample traceability, reduces manual intervention, enhances diagnostic quality, and strengthens patient safety. In conclusion, the integration of advanced technologies into the pre-analytical phase represents a fundamental strategy for reducing errors and optimizing clinical laboratory processes.

Keywords: preanalytical phase; clinical laboratory; automation; artificial intelligence; preanalytical errors; diagnostic quality.



Introducción

El laboratorio clínico constituye un pilar esencial en los sistemas de salud. Gran parte de las decisiones médicas y diagnósticas dependen estrictamente de la validez de los resultados obtenidos a partir del análisis de muestras biológicas. En este sentido, la calidad, reproducibilidad y confiabilidad de dichos reportes están ligadas a la correcta ejecución de todas las etapas del proceso total de prueba. Dentro de este flujo, la fase preanalítica destaca como la etapa más vulnerable a la aparición de incidencias operativas. Esta fase comprende una serie de actividades secuenciales y complejas, tales como la solicitud del examen, la preparación del paciente, la identificación unívoca, la toma de muestra, así como su manipulación, transporte y almacenamiento previo al procesamiento. La fase preanalítica incluye actividades como la identificación del paciente, la preparación previa, la toma de muestra, su manipulación, transporte y almacenamiento. Varios estudios han demostrado que esta etapa concentra la mayor proporción de errores dentro del proceso total del laboratorio clínico, debido principalmente a la alta dependencia de la intervención humana y a la variabilidad en la aplicación de protocolos estandarizados (4,6,10,18).

Entre los errores preanalíticos más frecuentes se encuentran la hemólisis, la identificación incorrecta del paciente, el etiquetado inadecuado y las condiciones inapropiadas de transporte de las muestras. Estos errores, en su mayoría prevenibles, pueden comprometer la calidad de los resultados, generar retrasos en el diagnóstico, influir negativamente en la toma de decisiones clínicas y aumentar los costos del sistema de salud.

En contestación a esta problemática, en los últimos años se han desarrollado diversos avances tecnológicos orientados a mejorar la gestión de la fase preanalítica. Entre ellos resaltan los sistemas automatizados, los códigos de barras para la trazabilidad de muestras, los sistemas de información de laboratorio (LIS) y las herramientas basadas en inteligencia artificial, las cuales buscan reducir la intervención humana, mejorar la detección temprana de errores y optimizar la calidad del proceso diagnóstico (2,4).

No obstante, a pesar de la creciente incorporación de estas tecnologías, la evidencia científica disponible sobre su efectividad en la detección y reducción de errores preanalíticos sigue

mostrándose heterogénea y dispersa, lo que dificulta una comprensión integral de su impacto en la calidad diagnóstica y la seguridad del paciente (6).

En este contexto, emerge la necesidad de realizar una revisión sistemática que analice los avances tecnológicos aplicados en la fase preanalítica del laboratorio clínico, con el fin de identificar su contribución en la detección y reducción de errores, así como su impacto en la mejora de la calidad de los resultados y la seguridad del paciente (11).

Marco teórico

El laboratorio clínico desempeña un papel fundamental en la atención sanitaria, ya que aproximadamente el 70 % de las decisiones médicas se sustentan en resultados de laboratorio. El proceso diagnóstico se divide en las fases preanalítica, analítica y posanalítica; sin embargo, la fase preanalítica continúa siendo la más vulnerable debido a la elevada participación humana y a la complejidad de las actividades involucradas, como la identificación del paciente, la preparación previa, la obtención, el etiquetado, el transporte y el almacenamiento de las muestras biológicas (6,16,21).

Los errores preanalíticos más frecuentes incluyen la hemólisis, la identificación incorrecta del paciente, el etiquetado inadecuado, el uso de recipientes erróneos, el volumen insuficiente de muestra y las fallas en las condiciones de transporte. Estas situaciones generan retrasos diagnósticos, repetición innecesaria de pruebas, incremento de costos y un mayor riesgo de eventos adversos, lo que ha convertido la reducción de estos errores en un objetivo prioritario para los sistemas de gestión de la calidad en los laboratorios clínicos (5).

En los últimos años, la transformación digital ha impulsado la incorporación de diversas tecnologías orientadas a optimizar la fase preanalítica. Entre ellas destacan los sistemas automatizados de procesamiento de muestras, los códigos de barras, los sistemas de información de laboratorio (LIS) y las herramientas basadas en inteligencia artificial. Los sistemas automatizados reducen la manipulación manual y favorecen la estandarización de procedimientos, mientras que los códigos de barras mejoran la trazabilidad y disminuyen los errores de identificación (14,18).



Por su parte, los sistemas de información de laboratorio facilitan la integración de datos, la generación de alertas automatizadas y el monitoreo en tiempo real de indicadores de calidad. Asimismo, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático han emergido como tecnologías con gran potencial para predecir errores, identificar patrones anómalos y optimizar la validación de resultados, contribuyendo a la toma de decisiones clínicas más seguras y eficientes (2,3).

Antecedentes

La evidencia científica reciente confirma que la fase preanalítica persiste como la principal fuente de errores en el laboratorio clínico. Lin et al. identificaron que el 94,6 % de los errores documentados correspondieron a esta etapa, siendo la hemólisis y los problemas de identificación los eventos más frecuentes. Los autores concluyeron que la implementación de herramientas tecnológicas es fundamental para la detección temprana y la mitigación de estos errores (17,21).

De manera similar, van Moll et al. analizaron la naturaleza y el impacto clínico de los errores en el proceso de pruebas de laboratorio, identificando que las fallas preanalíticas se asocian con retrasos diagnósticos, tratamientos inadecuados y eventos adversos prevenibles (26).

En el ámbito tecnológico, diversos estudios han demostrado que la automatización preanalítica y los sistemas de trazabilidad mediante códigos de barras reducen significativamente los errores relacionados con la identificación de pacientes y la manipulación de muestras. Asimismo, la incorporación de sistemas de información de laboratorio ha favorecido la monitorización continua de indicadores de calidad y la gestión eficiente de no conformidades (7).

Por otra parte, las aplicaciones de inteligencia artificial en medicina de laboratorio han mostrado resultados prometedores en la predicción de errores, la detección de muestras comprometidas y la validación automatizada de resultados. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la interoperabilidad de los sistemas, la calidad de los datos y la capacitación del personal para su implementación efectiva (3,13).

A pesar del creciente desarrollo tecnológico, la evidencia disponible continúa siendo heterogénea, lo que dificulta la comprensión integral del impacto de estas herramientas en la fase preanalítica. En este contexto, resulta necesario sistematizar la información existente para identificar las



tecnologías más efectivas y su contribución a la mejora de la calidad diagnóstica y la seguridad del paciente (9).

Material y métodos

Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura orientada a identificar y analizar los avances tecnológicos aplicados a la detección de errores preanalíticos en el laboratorio clínico. La metodología se estructuró conforme a las recomendaciones de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con el fin de asegurar la transparencia, la calidad metodológica y la reproducibilidad del proceso de identificación, selección, evaluación crítica y síntesis de los estudios incluidos (19).

Fuentes de información

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo entre el 1 y el 30 de marzo de 2026 en las bases de datos PubMed, ScienceDirect y PubMed Central, además de revistas científicas regionales. Se incluyeron estudios publicados entre enero de 2020 y marzo de 2025 relacionados con tecnologías aplicadas a la fase preanalítica del laboratorio clínico.

Estas bases de datos fueron seleccionadas por su alcance y cobertura en ciencias de la salud y su trascendencia en la indexación de literatura científica de alto impacto.

Estrategia de búsqueda

Se manejaron términos controlados y palabras clave combinadas mediante operadores booleanos AND y OR. La estrategia de búsqueda fue la siguiente:

("Preanalytical Errors" OR "Pre-analytical Phase") AND ("Clinical Laboratory" OR "Laboratory Medicine") AND ("Technology" OR "Automation" OR "Artificial Intelligence")

Tabla 1. Estrategia de búsqueda y número de registros identificados por base de datos

Base de datos	Estrategia de búsqueda (ejemplo)	Período de búsqueda	Registros identificados (n)
PubMed	("preanalytical errors" OR "pre-analytical phase") AND ("clinical laboratory") AND ("artificial intelligence" OR automation OR "barcode systems" OR LIS)	2020–2025	68
ScienceDirect	TITLE-ABSTR-KEY ("preanalytical errors" AND "clinical laboratory" AND technology)	2020–2025	42
PubMed Central	("preanalytical phase" AND "laboratory automation") OR ("artificial intelligence" AND "laboratory medicine")	2020–2025	27
Revistas regionales	"errores preanalíticos" AND "laboratorio clínico" AND tecnología	2020–2025	18
Total	—	—	155

Fuente: Elaboración propia.

Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que cumplieron con los siguientes criterios:

- Artículos científicos publicados entre 2020 y 2025
- Estudios relacionados con tecnologías aplicadas a la fase preanalítica
- Publicaciones en idioma inglés y español
- Estudios originales, revisiones sistemáticas y revisiones narrativas
- Artículos con acceso a texto completo



Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- Artículos duplicados
- Estudios no relacionados con el laboratorio clínico
- Publicaciones sin evidencia científica (editoriales, opiniones, blogs)
- Artículos sin acceso a texto completo

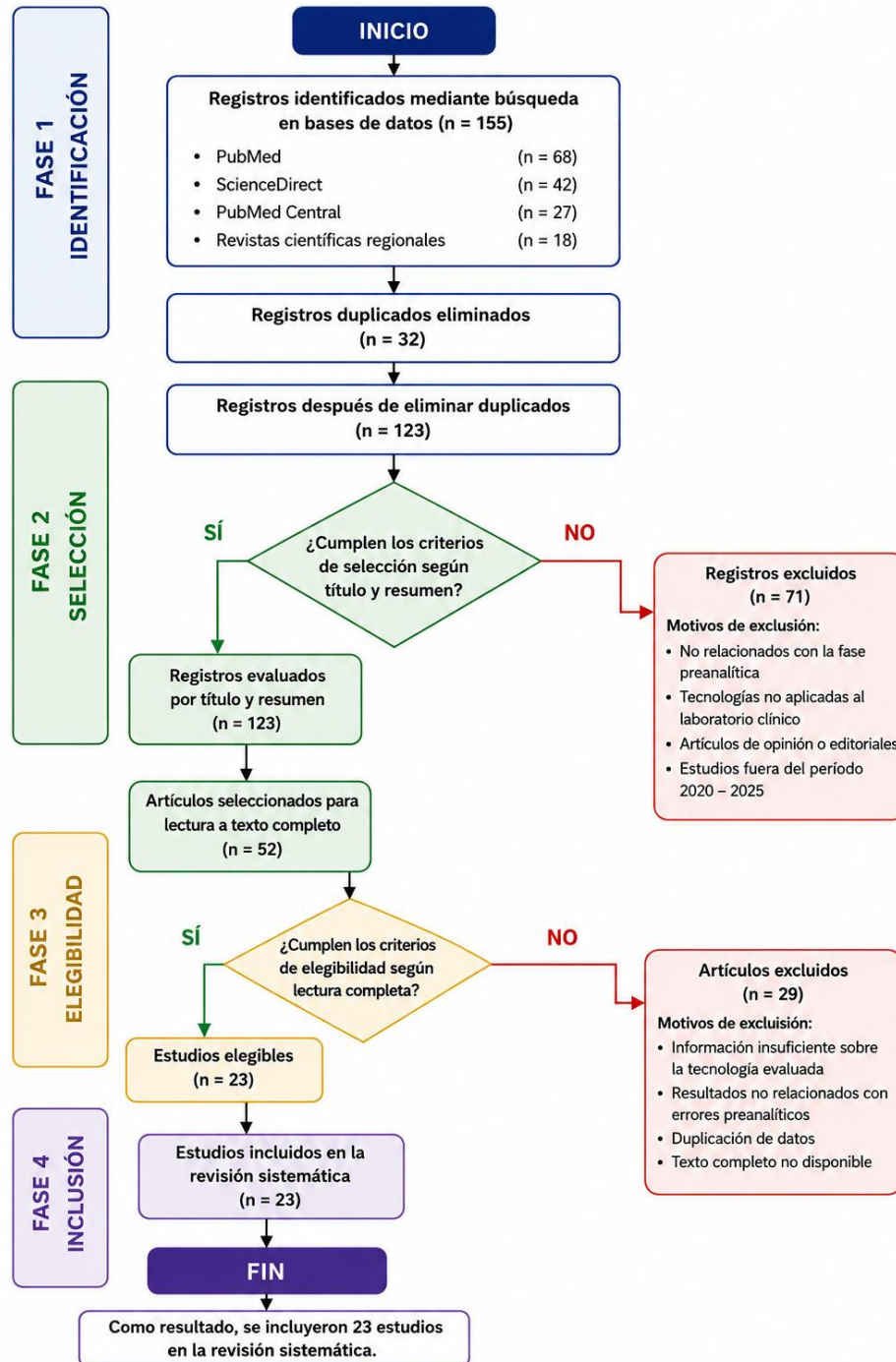
Proceso de selección de estudios

El proceso de selección se realizó en cuatro fases según el modelo PRISMA:

1. Identificación: búsqueda inicial en bases de datos
2. Selección: revisión de títulos y resúmenes
3. Elegibilidad: lectura completa de los artículos
4. Inclusión: selección final de estudios relevantes

Como resultado, se incluyeron 23 estudios en la revisión sistemática.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de identificación, selección, elegibilidad e inclusión de estudios, elaborado conforme a la declaración PRISMA 2020.



Fuente: Elaboración propia.

Extracción y análisis de datos

Se elaboró una matriz de extracción de datos que incluyó las siguientes variables:

- Autor y año de publicación
- Tipo de estudio
- Tecnología utilizada
- Fase preanalítica evaluada
- Tipo de error identificado
- Principales resultados

Se organizaron los datos para evaluar el impacto de distintas tecnologías en la minimización de errores preanalíticos.

Al tratarse de una revisión sistemática basada en fuentes secundarias, no fue necesario someter el estudio a evaluación por un comité de ética. Sin embargo, se respetaron los principios de integridad científica y correcta citación de las fuentes consultadas.

Resultados

La búsqueda bibliográfica realizada en las bases de datos PubMed, Scopus y Google Scholar permitió identificar un conjunto inicial de estudios potencialmente relevantes sobre tecnologías aplicadas a la detección de errores en la fase preanalítica del laboratorio clínico. Posteriormente, se procedió a la eliminación de registros duplicados y a la evaluación de los artículos mediante la revisión de títulos y resúmenes. Los estudios preseleccionados fueron sometidos a una lectura a texto completo para verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Como resultado de este proceso, se seleccionaron 23 artículos en el análisis final, conforme al procedimiento de selección descrito en la metodología PRISMA.

Del análisis de los estudios, se identificaron cinco principales categorías de tecnologías aplicadas en la fase preanalítica:



Sistemas automatizados

Los sistemas automatizados fueron ampliamente reportados como herramientas eficaces para reducir la manipulación manual de las muestras. Su implementación permitió disminuir errores como la hemólisis, la contaminación y la incorrecta preparación de muestras, además de mejorar la estandarización de los procesos.

Códigos de barras y sistemas de trazabilidad

La identificación mediante códigos de barras mostró una alta efectividad en la reducción de errores relacionados con la identificación del paciente y el etiquetado de muestras. Estos sistemas permiten una trazabilidad completa del proceso, desde la toma hasta el análisis de la muestra, así reduce de forma notable los errores humanos.

Sistemas de Información de Laboratorio (LIS)

Los sistemas informáticos de laboratorio permitieron la detección de errores mediante el uso de alertas automatizadas, registro de incidencias y monitoreo en tiempo real. Su implementación ayudó a mejorar la gestión de la información y a fortalecer los sistemas de control de calidad.

Inteligencia artificial y machine learning

La implementación de inteligencia artificial evidenció un potencial significativo en la detección de patrones anómalos y en la predicción de errores preanalíticos. Estas tecnologías permitieron optimizar la validación de resultados y mejorar la precisión diagnóstica, aunque su uso aún es incipiente en algunos entornos.

Tecnologías de transporte de muestras

Los estudios también reportaron el uso de tecnologías innovadoras en el transporte de muestras, como sensores de monitoreo y sistemas automatizados. Estas herramientas facilitan controlar variables críticas como temperatura y tiempo, garantiza la integridad de las muestras durante su traslado.

Tipos de errores preanalíticos identificados

Los principales errores preanalíticos reportados en los estudios incluyen:

- Hemólisis
- Identificación incorrecta del paciente
- Etiquetado inadecuado
- Muestras insuficientes
- Retrasos en el transporte
- Condiciones inadecuadas de almacenamiento

La implementación de tecnologías permitió reducir significativamente la frecuencia de estos errores.

Impacto de las tecnologías en la calidad diagnóstica

En términos generales, los estudios coinciden en que la incorporación de tecnologías en la fase preanalítica mejora la calidad del proceso diagnóstico, incrementa la seguridad del paciente y reduce la probabilidad de errores. Del mismo modo, se observó una mejora en la eficiencia operativa y en la confiabilidad de los resultados de laboratorio.

Con el propósito de sintetizar la información relevante de los estudios incluidos, se elaboró una matriz de extracción de datos que resume las principales características de los 23 artículos analizados (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor	Año	Tecnología	Fase preanalítica	Tipo de error	Impacto
Fanshawe TR et al.	2020	POCT	Toma de muestra	Hemólisis	Disminuye errores en entornos críticos



Autor	Año	Tecnología	Fase preanalítica	Tipo de error	Impacto
Fenta DA, Ali MM	2020	Gestión de calidad	Todo el proceso	Múltiples	Identificación de factores de error
Villanueva Fernández AM et al.	2020	Procedimientos estandarizados	Identificación	Etiquetado incorrecto	Mejora la trazabilidad
van Moll C et al.	2023	Gestión del riesgo	Todo el proceso	Errores diagnósticos	Incrementa la seguridad del paciente
Aveiga-Demera TJ et al.	2023	Protocolos preanalíticos	Preparación del paciente	Falta de ayuno	Reduce interferencias analíticas
Romero-Arana A et al.	2025	Gestión de calidad	Toma de muestra	Procedimiento inadecuado	Mejora la calidad de las muestras
Lin Y et al.	2025	Indicadores de calidad	Todo el proceso	Múltiples	Identifica la mayor proporción de errores
Preanalytical errors in clinical laboratory testing	2024	Automatización	Procesamiento de muestras	Múltiples	Disminuye errores preanalíticos
Advances in laboratory preanalytical phase technologies	2024	Automatización y digitalización	Todo el proceso	Múltiples	Optimiza la eficiencia operativa



Autor	Año	Tecnología	Fase preanalítica	Tipo de error	Impacto
Artificial intelligence in laboratory medicine	2025	Inteligencia artificial	Diagnóstico	Predicción de errores	Mejora la detección temprana
Evaluation of preanalytical errors in clinical laboratories	2022	Evaluación de calidad	Todo el proceso	Múltiples	Fortalece los indicadores de calidad
Automation and quality improvement in clinical laboratories	2024	Automatización	Procesamiento	Manipulación de muestras	Reduce la intervención manual
Transforming Patient Care: The Power of Laboratory Information Systems (LIS) in Healthcare	2024	Sistema de Información de Laboratorio (LIS)	Gestión preanalítica	Errores de registro	Mejora la trazabilidad y el control
Artificial intelligence applications in laboratory diagnostics	2024	Inteligencia artificial	Diagnóstico	Predicción	Incrementa la precisión diagnóstica
Collaborative robotic systems in laboratory sampling	2021	Robótica colaborativa	Toma de muestra	Manipulación	Reduce errores humanos
BIOSANA	2023	Gestión de calidad	Todo el proceso	No conformidades	Mejora la calidad del laboratorio
BIOSANA	2023	Innovación tecnológica	Todo el proceso	Múltiples	Optimiza los procesos

Autor	Año	Tecnología	Fase preanalítica	Tipo de error	Impacto
Journal of Science and Research	2022	Innovación tecnológica	Todo el proceso	Múltiples	Incrementa la eficiencia
Revista de Investigación e Información en Salud	2022	Sistema de Información de Laboratorio (LIS)	Gestión	Registro de muestras	Mejora el control documental
Acta Médica Costarricense	2023	FMEA	Transporte	Fallos en transporte	Identifica riesgos potenciales
Revista Salud (Scielo Uruguay)	2024	Tecnología aplicada	Todo el proceso	Múltiples	Fortalece la calidad analítica
Revista Médica de Costa Rica	2023	Innovación diagnóstica	Diagnóstico	Múltiples	Optimiza la atención clínica
Revista ULEAM	2023	Seguridad del paciente	Todo el proceso	Múltiples	Favorece la seguridad del paciente

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios incluidos

Análisis de los estudios incluidos

El análisis de los estudios incluidos evidencia una evolución progresiva en la incorporación de tecnologías orientadas a fortalecer la fase preanalítica del laboratorio clínico, lo que refleja una creciente prioridad por mejorar la calidad del proceso diagnóstico y minimizar los errores asociados a esta etapa. La concentración de publicaciones durante el período comprendido entre **2020 y 2025** demuestra un incremento sostenido del interés científico en el desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas aplicadas al laboratorio clínico. Este intervalo temporal fue seleccionado por reunir la evidencia científica más reciente y consolidada sobre la temática de estudio, mientras que las publicaciones correspondientes al año **2026** no fueron consideradas debido a la limitada

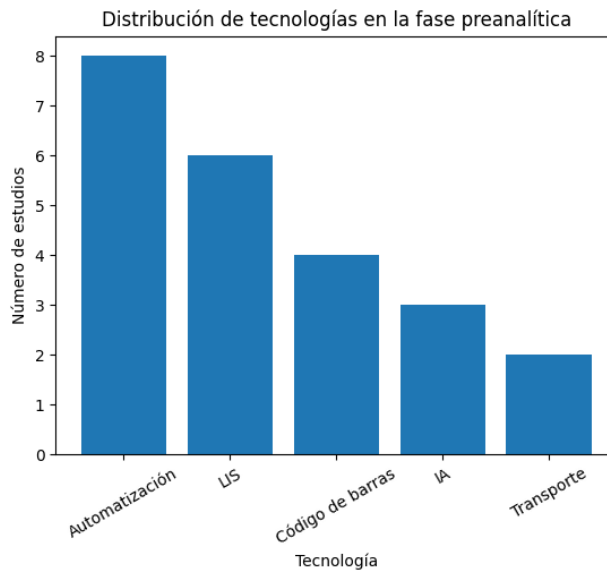
disponibilidad de investigaciones al momento de la búsqueda bibliográfica, lo que podría haber afectado la representatividad y consistencia de los resultados obtenidos.

En conjunto, la evidencia científica indica que la automatización y la digitalización de los procesos preanalíticos constituyen las intervenciones con mayor impacto, al favorecer la estandarización de los procedimientos, disminuir la variabilidad derivada de la intervención humana y fortalecer los mecanismos de control y trazabilidad de las muestras. Asimismo, el desarrollo de herramientas basadas en inteligencia artificial y sistemas inteligentes de apoyo representa una tendencia emergente con un alto potencial para mejorar la detección temprana de errores, optimizar la toma de decisiones y fortalecer los sistemas de gestión de la calidad en el laboratorio clínico.

Por otra parte, los estudios ponen de manifiesto que los errores preanalíticos continúan concentrándose principalmente en actividades dependientes del factor humano, como la identificación del paciente, la obtención de muestras y su manipulación. Este hallazgo evidencia que la incorporación de nuevas tecnologías, aunque esencial, debe complementarse con estrategias orientadas a la capacitación continua del personal, la estandarización de protocolos y la implementación de programas de aseguramiento de la calidad, con el fin de disminuir la ocurrencia de errores evitables y garantizar resultados confiables.

Finalmente, la evidencia analizada permite inferir que la adopción de tecnologías en la fase preanalítica no solo contribuye a reducir la frecuencia de errores, sino que también mejora la eficiencia operativa, optimiza la trazabilidad de las muestras y fortalece la seguridad del paciente. En conjunto, estos hallazgos respaldan la necesidad de continuar impulsando la transformación digital de los laboratorios clínicos mediante la integración de sistemas automatizados, plataformas de información e inteligencia artificial, así como de promover investigaciones futuras que evalúen el impacto de estas tecnologías en diferentes contextos asistenciales y con diseños metodológicos de mayor nivel de evidencia.

Con el objetivo de visualizar la distribución de las tecnologías aplicadas en la fase preanalítica, se elaboró un gráfico de barras que resume la frecuencia de uso reportada en los estudios analizados (Figura 2).

Figura 2. Distribución de tecnologías aplicadas en la fase preanalítica del laboratorio clínico

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la Distribución de tecnologías aplicadas en la fase preanalítica del laboratorio clínico

El Gráfico 2 evidencia que la incorporación de tecnologías en la fase preanalítica del laboratorio clínico ha evolucionado hacia soluciones orientadas a la automatización y digitalización de los procesos. El predominio de los sistemas automatizados refleja la necesidad de disminuir la variabilidad asociada a la intervención humana, favoreciendo la estandarización de los procedimientos y el fortalecimiento de los sistemas de aseguramiento de la calidad.

Asimismo, la presencia creciente de herramientas basadas en inteligencia artificial pone de manifiesto el interés de la comunidad científica por desarrollar sistemas capaces de anticipar errores, optimizar la validación de resultados y apoyar la toma de decisiones mediante el análisis automatizado de grandes volúmenes de información. Aunque su aplicación aún se encuentra en proceso de consolidación, la evidencia disponible indica un elevado potencial para transformar la gestión de la fase preanalítica.



De igual manera, los sistemas de información de laboratorio (LIS) constituyen un componente esencial dentro de la transformación digital del laboratorio clínico, al facilitar la integración de la información, fortalecer la trazabilidad de las muestras y optimizar el monitoreo de indicadores de calidad. En contraste, tecnologías como los códigos de barras continúan desempeñando un papel fundamental, especialmente en la prevención de errores relacionados con la identificación y el seguimiento de las muestras, lo que demuestra que las herramientas tradicionales son complementarias a las tecnologías emergentes.

Por otra parte, la menor frecuencia de estudios relacionados con las pruebas en el punto de atención (POCT) y la robótica colaborativa sugiere que estas áreas aún se encuentran en desarrollo y representan líneas de investigación con un importante potencial de crecimiento, particularmente en escenarios que requieren mayor rapidez, automatización y reducción del contacto directo con las muestras biológicas.

En conjunto, los hallazgos reflejan una transformación progresiva del laboratorio clínico hacia modelos de gestión más inteligentes e integrados, en los que la automatización, la digitalización y la inteligencia artificial constituyen pilares estratégicos para mejorar la eficiencia operativa, reducir los errores preanalíticos y fortalecer la seguridad del paciente.

Discusión

Los hallazgos de la presente revisión sistemática confirman que la fase preanalítica continúa siendo la etapa más susceptible a la ocurrencia de errores dentro del proceso del laboratorio clínico, lo que repercute directamente en la confiabilidad de los resultados y en la seguridad del paciente. El análisis de los 23 estudios incluidos evidencia que la incorporación de tecnologías constituye una estrategia efectiva para reducir la frecuencia de estos errores y fortalecer los sistemas de gestión de la calidad. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Lin et al. (17), quienes demostraron que la fase preanalítica concentra la mayor proporción de errores del proceso analítico, así como van Moll et al. (26), quienes señalaron que dichos errores representan una de las principales causas de retrasos diagnósticos y eventos adversos evitables.



En relación con la automatización de los procesos, la presente revisión evidenció que esta tecnología fue la más frecuentemente reportada en los estudios analizados, situación que también se refleja en el Gráfico 2. Este predominio puede explicarse por su capacidad para disminuir la manipulación manual de las muestras, reducir la variabilidad del proceso y estandarizar las actividades preanalíticas. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Romero – Arana et al. (21), quienes destacan que la estandarización de la toma y procesamiento de muestras mejora significativamente la calidad del laboratorio, y con el estudio *Advances in Laboratory Preanalytical Phase Technologies* (1), el cual concluye que la automatización optimiza la eficiencia operativa y disminuye la incidencia de errores asociados a la intervención humana.

Respecto a los sistemas de identificación mediante códigos de barras y a los sistemas de información de laboratorio (LIS), los estudios incluidos evidencian que ambas tecnologías fortalecen la trazabilidad de las muestras y reducen los errores derivados de una identificación inadecuada. Estos resultados son concordantes con lo descrito por Villanueva Fernández et al (28), quienes identificaron el etiquetado incorrecto como una de las principales incidencias registradas en la fase preanalítica, así como los estudios sobre *Laboratory Information Systems*, que destacan el papel de estas plataformas en la integración de la información, el monitoreo de indicadores de calidad y la detección temprana de errores mediante alertas automatizadas (16,24,25).

Por otra parte, la inteligencia artificial representa una de las líneas de innovación con mayor crecimiento durante el período analizado. Aunque el número de publicaciones aún es inferior al observado para la automatización, los resultados muestran una tendencia creciente hacia el desarrollo de modelos predictivos capaces de identificar patrones anómalos y anticipar errores antes de que estos afecten el proceso diagnóstico. Esta evidencia coincide con el estudio *Artificial Intelligence in Laboratory Medicine: Applications and Challenges* (2) y con *Artificial Intelligence Applications in Laboratory Diagnostics* (3), los cuales señalan que los algoritmos de aprendizaje automático pueden mejorar la validación de resultados, optimizar la toma de decisiones y fortalecer los sistemas de control de calidad. Sin embargo, ambos trabajos coinciden en que su implementación aún enfrenta limitaciones relacionadas con la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la interoperabilidad de los sistemas y la capacitación del talento humano.

Otro aspecto relevante identificado en esta revisión es que, a pesar del avance tecnológico, una proporción importante de los errores continúa originándose en actividades que dependen directamente del factor humano, como la identificación del paciente, la obtención de la muestra y el cumplimiento de los protocolos preanalíticos. Esta situación coincide con lo descrito por Fenta y Ali (12), quienes concluyeron que la calidad de los resultados de laboratorio depende no solo de la incorporación de tecnologías, sino también de la estandarización de los procedimientos, la formación continua del personal y el fortalecimiento de los sistemas de gestión de la calidad. En este sentido, los avances tecnológicos deben considerarse herramientas complementarias que potencian las buenas prácticas clínicas, más que sustitutos de ellas.

Entre las fortalezas de esta revisión destaca la integración de evidencia científica reciente publicada entre 2020 y 2025, período en el que se observa un crecimiento sostenido de investigaciones sobre innovación tecnológica aplicada a la fase preanalítica. Esta delimitación temporal permitió analizar tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y los sistemas automatizados de nueva generación, cuya evidencia aún se encuentra en expansión. No obstante, la revisión presenta algunas limitaciones, principalmente la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos, las diferencias en los contextos de aplicación y la escasez de investigaciones experimentales que permitan cuantificar con mayor precisión el impacto individual de cada tecnología sobre la reducción de errores preanalíticos.

En conjunto, los hallazgos de esta revisión respaldan la necesidad de continuar impulsando la transformación digital del laboratorio clínico mediante la integración de sistemas automatizados, plataformas de información e inteligencia artificial, acompañadas de programas permanentes de capacitación y estrategias de aseguramiento de la calidad. La combinación de innovación tecnológica y mejora continua constituye una estrategia fundamental para incrementar la seguridad del paciente, optimizar la eficiencia operativa y fortalecer la confiabilidad de los resultados emitidos por el laboratorio clínico.

Conclusiones

Esta revisión sistemática evidencia que la incorporación de tecnologías en la fase preanalítica del laboratorio clínico constituye un componente esencial para fortalecer la calidad del proceso

diagnóstico, al favorecer la estandarización de los procedimientos, mejorar la trazabilidad de las muestras y reducir la ocurrencia de errores que comprometen la confiabilidad de los resultados y la seguridad del paciente. En este contexto, la evidencia analizada confirma que la transformación tecnológica representa una estrategia eficaz para optimizar la gestión de la fase preanalítica y fortalecer los sistemas de aseguramiento de la calidad.

Asimismo, los hallazgos demuestran que la integración de herramientas digitales y sistemas automatizados mejora el control de los procesos, disminuye la variabilidad asociada a la intervención humana y favorece la detección oportuna de eventos que pueden afectar el desempeño del laboratorio clínico. No obstante, su implementación requiere el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, la interoperabilidad de los sistemas y la capacitación continua del personal para garantizar su aprovechamiento y sostenibilidad.

Finalmente, esta revisión aporta una síntesis actualizada de la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025, identificando las principales tendencias en innovación tecnológica aplicadas a la fase preanalítica. En consecuencia, se reconoce la necesidad de promover investigaciones con diseños metodológicos de mayor nivel de evidencia que permitan evaluar el impacto clínico y económico de estas tecnologías en diferentes contextos asistenciales, contribuyendo al desarrollo de laboratorios clínicos más seguros, eficientes y orientados a la mejora continua.

Referencias bibliográficas

1. Advances in laboratory preanalytical phase technologies. (2024). Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39703759/>
2. Artificial intelligence applications in laboratory diagnostics. (2024). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10943465/>
3. Artificial intelligence in laboratory medicine: Applications and challenges. (2025). Journal of Laboratory Medicine. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40266896/>
4. Automation and quality improvement in clinical laboratories. (2024). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12370808/>
5. Aveiga-Demera, T. J., Fuentes-Sánchez, E. T., & Cañarte-Murillo, J. R. (2023). El ayuno y otras variables importantes en la fase preanalítica en el laboratorio clínico. *MQRInvestigar*, 7(3), 3919–3929.



6. Calidad en laboratorio clínico en Ecuador. (s.f.). Revista Cambios HCAM. <https://revistahcam.iess.gob.ec>
7. Collaborative robotic systems in laboratory sampling. (2021). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/>
8. Effect of drone transport on laboratory samples. (s.f.). Clinical Chemistry.
9. Estrategias innovadoras en laboratorios clínicos. (2022). Journal of Science and. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3098>
10. Evaluation of preanalytical errors in clinical laboratories. (2022). Annals of Clinical Biochemistry. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36330758/>
11. Fanshawe, T. R., Glogowska, M., Edwards, G., Turner, P. J., Smith, I., Steele, R., et al. (2020). Pre-analytical error for point-of-care venous blood testing platforms in acute settings. PLoS ONE, 15, e023XXXX.
12. Fenta, D. A., & Ali, M. M. (2020). Factors affecting quality of laboratory results during preanalytical, analytical and postanalytical phases. Journal of Multidisciplinary Healthcare, 13, 809–821.
13. Impacto de las no conformidades en el laboratorio clínico. (2023). Revista Científica de Salud BIOSANA. <https://soeici.org/index.php/biosana/article/view/141>
14. Impacto del desarrollo tecnológico en los servicios de laboratorio clínico. (2023). Revista Científica de Salud BIOSANA.
15. Innovación en diagnóstico clínico. (2023). Revista Médica de Costa Rica. <https://actamedica.medicos.cr>
16. Laboratory Information Systems in healthcare. (s.f.). ScienceDirect Topics. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352914824001229>
17. Lin, Y., Spies, N. C., Zohner, K., McCoy, D., Zaydman, M. A., & Farnsworth, C. W. (2025). Pre-analytical phase errors constitute the vast majority of errors in clinical laboratory testing. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 63(9), 1709–1715. <https://doi.org/10.1515/cclm-2025-0190>
18. Nybo M, Cadamuro J, Cornes MP, Gómez Rioja R, Grankvist K. Sample transportation - an overview. Diagnosis (Berl). 2019 Mar 26;6(1):39-43. doi: 10.1515/dx-2018-0051. PMID: 30808159.
19. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista Española de Cardiología, 74(11), 947-955. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
20. Preanalytical errors in clinical laboratory testing. (2024). Clinical Biochemistry. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38559530/>
21. Romero-Arana, A., Martín-Pereira, J., Fagundo-Rivera, J., Gómez-Salgado, J., & Romero-Ruiz, A. (2025). Importancia de la fase preanalítica de la toma de muestras en

- la evaluación del proceso de soporte de laboratorio clínico. *Educación Médica*, 26(6), 101101. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101101>
22. Seguridad del paciente en laboratorio clínico. (2023). *Revista ULEAM*.
23. Sistemas informáticos en laboratorio clínico. (2022). *Revista de Investigación en Salud*.
24. Tecnología y calidad en laboratorio clínico. (2024). *Revista Salud*.
<http://www.scielo.edu.uy/scielo.php>
25. Transforming patient care through LIS. (s.f.). *Healthcare Technology Review*.
26. Utilidad del análisis modal de fallos en laboratorio clínico. (2023). *Acta Médica*.
27. van Moll, C., Egberts, T., Wagner, C., Zwaan, L., & Ten Berg, M. (2023). The nature, causes, and clinical impact of errors in the clinical laboratory testing process leading to diagnostic error. *Journal of Patient Safety*, 19(8), 573–579. <https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000001156>
28. Villanueva Fernández, A. M., Arango García, B., Molina García, A. G., & Junco Rodríguez, M. (2020). Preanalítica del laboratorio: incidencias registradas. *Ocronos*, 3(8), 173.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.