

ROL DEL LABORATORIO CLÍNICO EN LA VIGILANCIA, DETECCIÓN Y CONTROL DE LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ACTUALIZADA

THE ROLE OF THE CLINICAL LABORATORY IN THE SURVEILLANCE, DETECTION, AND CONTROL OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE: AN UPDATED LITERATURE REVIEW

Lizbeth Tatiana Zúñiga Echeverría¹, Marcelo Ramiro Montufar Silva², Michelle Alejandra Vizquete Orozco³, Kevin Fabián Quinchuela Carrillo⁴

{tatiana.zuniga@unach.edu.ec¹, marcelo.montufar@unach.edu.ec², michelle.vizquete@unach.edu.ec³, quinchuelakevin1c@gmail.com⁴}

Fecha de recepción: 22/05/2026 / Fecha de aceptación: 09/06/2026 / Fecha de publicación: 09/06/2022

RESUMEN: La resistencia antimicrobiana (RAM) constituye una de las principales amenazas para la salud pública mundial debido al incremento de microorganismos resistentes que comprometen la eficacia de los tratamientos disponibles, aumentando la morbimortalidad, los costos sanitarios y la duración de las hospitalizaciones, en este contexto, el laboratorio clínico desempeña un papel fundamental en la vigilancia, detección y control de la RAM mediante la generación de información microbiológica confiable para la toma de decisiones clínicas y epidemiológicas, por lo cual el objetivo de esta revisión bibliográfica fue analizar el rol del laboratorio clínico en la vigilancia, detección y control de la resistencia antimicrobiana, para ello se llevó a cabo una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo y diseño sistemático, siguiendo las directrices PRISMA, la búsqueda de información se efectuó en bases de datos como PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc y Google Scholar, considerando publicaciones constituidas en el periodo 2021 y 2026, en consecuencia un total de 130 registros identificados, se seleccionaron 22 estudios que cumplieron los criterios de inclusión establecidos. Por consiguiente, los resultados evidenciaron que el laboratorio clínico es un componente estratégico para la identificación de microorganismos multirresistentes como *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii*, mediante pruebas de susceptibilidad antimicrobiana, sistemas automatizados y técnicas moleculares avanzadas, de la misma forma, se identificó que el uso inadecuado de

¹Técnico de Apoyo Académico Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0008-6988-7179>

²Docente Facultad Ciencias de la Salud, Médico Internista HOSPIESAJ, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-8526-8054>

³Odontóloga (Servicio Integrado De Salud Universitario), Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0004-3088-2873>

⁴Epidemiólogo, Dirección Provincial de Chimborazo– Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-4429-7101>



antibióticos, la automedicación y las limitaciones en los sistemas de vigilancia favorecen la propagación de la RAM, de igual manera, herramientas innovadoras como BioFire, GeneXpert, vigilancia genómica e inteligencia artificial han fortalecido las capacidades diagnósticas y epidemiológicas, por tal motivo se concluye que el fortalecimiento del laboratorio clínico constituye un elemento esencial para la detección temprana de mecanismos de resistencia, la optimización del uso de antimicrobianos y el desarrollo de estrategias efectivas de vigilancia y control de la resistencia antimicrobiana.

Palabras clave: Resistencia antimicrobiana, laboratorio clínico, antibióticos, multirresistencia

ABSTRACT: Antimicrobial resistance (AMR) is one of the main threats to global public health due to the rise in resistant microorganisms that compromise the effectiveness of available treatments, thereby increasing morbidity and mortality, healthcare costs, and the length of hospital stays. In this context, the clinical laboratory plays a fundamental role in the surveillance, detection, and control of AMR by generating reliable microbiological information to support clinical and epidemiological decision-making. The objective of this literature review was to analyze the role of the clinical laboratory in the surveillance, detection, and control of antimicrobial resistance. A literature review with a qualitative approach and systematic design was conducted, following the PRISMA guidelines. The search was performed in PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc, and Google Scholar, considering publications from 2021 to 2026. Of a total of 130 identified records, 22 studies that met the established inclusion criteria were selected. The results showed that the clinical laboratory is a strategic component in the identification of multidrug-resistant microorganisms such as *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter baumannii*, through antimicrobial susceptibility testing, automated systems, and advanced molecular techniques. Furthermore, it was found that the inappropriate use of antibiotics

Keywords: Antimicrobial resistance, clinical laboratory, antibiotics, multidrug resistance

INTRODUCCIÓN

La resistencia antimicrobiana (RAM) constituye una de las mayores amenazas para la salud pública mundial del siglo XXI, debido a su impacto sobre la morbilidad, mortalidad y costos asociados a la atención sanitaria, este fenómeno ocurre cuando bacterias, virus, hongos y otros microorganismos desarrollan mecanismos que les permiten sobrevivir a la acción de los antimicrobianos previamente eficaces para su control, dificultando el tratamiento de las infecciones y aumentando el riesgo de complicaciones clínicas, es por ello que en los últimos años, el incremento del uso inadecuado de antibióticos en la medicina, ha favorecido la selección y propagación de microorganismos resistentes, convirtiendo a la RAM en un problema de alcance global que compromete los avances alcanzados por la medicina moderna (1,2).



Diversos organismos internacionales han advertido que, de no implementarse estrategias efectivas para el control, la resistencia antimicrobiana podría ocasionar millones de muertes anuales en las próximas décadas, además de afectar la eficacia terapéutica de los tratamientos disponibles hoy en día, en consecuencia, la RAM incrementa la duración de las hospitalizaciones, eleva los costos sanitarios limitando las opciones terapéuticas para pacientes con infecciones graves (2). En este contexto, la vigilancia epidemiológica y microbiológica se ha convertido en una herramienta fundamental para la identificación temprana de patrones de resistencia en distintos pacientes, la generación de evidencia científica y la formulación de políticas públicas orientadas a mitigar este problema.

El laboratorio clínico desempeña un papel esencial en la lucha contra la resistencia antimicrobiana, ya que constituye la principal fuente de información para la detección, caracterización y seguimiento de microorganismos resistentes, a través, de procedimientos microbiológicos estandarizados, identificación bacteriana, pruebas de sensibilidad antimicrobiana y técnicas moleculares avanzadas, los laboratorios generan datos indispensables para la toma de decisiones clínicas y epidemiológicas, asimismo, la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos permiten orientar tratamientos más precisos, reducir el uso innecesario de antibióticos y fortalecer los programas de optimización de antimicrobianos en los establecimientos de salud (3).

La vigilancia basada en laboratorios representa uno de los pilares fundamentales de los sistemas nacionales e internacionales de monitoreo de la resistencia antimicrobiana, es por ello que iniciativas como el Sistema Mundial de Vigilancia de la Resistencia y el Uso de los Antimicrobianos (GLASS) han destacado la importancia de contar con redes de laboratorios capaces de producir información estandarizada y aplicando la comparación entre diferentes regiones geográficas (4). Es así como la evidencia científica reciente señala que la vigilancia microbiológica permite identificar tendencias emergentes, detectar brotes asociados con microorganismos multirresistentes y evalúa el impacto de las intervenciones implementadas para el control de la RAM (2,5).

Paralelamente, los avances tecnológicos han fortalecido significativamente las capacidades diagnósticas del laboratorio clínico, además la incorporación de métodos moleculares, herramientas genómicas y sistemas automatizados de identificación microbiana ha mejorado la rapidez y precisión en la detección de mecanismos de resistencia, facilitando una respuesta más oportuna frente a amenazas emergentes, estas innovaciones no solo contribuyen al diagnóstico individual del paciente, sino que también fortalecen los sistemas de vigilancia y permiten comprender mejor la dinámica de transmisión de genes de resistencia en diferentes entornos sanitarios (6,7).

A pesar de estos avances, persisten importantes desafíos relacionados con la infraestructura, el acceso a tecnologías especializadas, la estandarización de procedimientos y la integración de datos microbiológicos en los sistemas nacionales de vigilancia, los diversos estudios han señalado que las limitaciones en la capacidad diagnóstica y en la gestión de la información



representan barreras significativas para el fortalecimiento de los programas de monitoreo y control de la resistencia antimicrobiana, especialmente en países de ingresos bajos y medianos (2,3).

Una vez considerado la magnitud de este problema y la relevancia estratégica del laboratorio clínico, resulta necesario analizar la evidencia científica disponible sobre su participación en los procesos de vigilancia, detección y control de la resistencia antimicrobiana, es por ello, el objetivo de la presente revisión bibliográfica es describir y analizar el rol del laboratorio clínico en la generación de información microbiológica, la identificación de mecanismos de resistencia y el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia destinados a la prevención y control de la resistencia antimicrobiana, se plantea como premisa que el fortalecimiento de las capacidades diagnósticas y de vigilancia del laboratorio clínico como un componente esencial para la contención efectiva de la resistencia antimicrobiana y para la mejora de los resultados en salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo corresponde a una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo y diseño sistemático, desarrollada con el propósito de recopilar, analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre el “Rol del laboratorio clínico en la vigilancia, detección y control de la resistencia antimicrobiana: revisión bibliográfica actualizada”. Para garantizar la calidad metodológica, la transparencia y la reproducibilidad del proceso investigativo, se siguieron las directrices establecidas por la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ampliamente reconocida para la elaboración de revisiones sistemáticas en el ámbito de las ciencias de la salud.

La búsqueda de información se realizó de manera estructurada en diversas bases de datos científicas entre los años 2021 y 2026 en ellas destaca, PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc y Google Scholar, estas fuentes fueron seleccionadas debido a su amplia cobertura de literatura biomédica y científica así como por la claridad y relevancia de los estudios indexados, de modo que la estrategia de búsqueda se diseñó utilizando palabras clave con el fin de optimizar la recopilación de información pertinente.

La identificación y selección de los estudios se realizó conforme a la declaración PRISMA, inicialmente, se identificaron 130 registros mediante la búsqueda en las bases de datos seleccionadas, posteriormente, se eliminaron 40 registros duplicados, obteniéndose un total de 90 registros para la fase de cribado, durante el análisis de títulos y resúmenes se excluyeron 62 estudios por no cumplir con el objetivo de la investigación ni con los criterios de inclusión establecidos, en consecuencia, 28 artículos fueron evaluados mediante la lectura del texto completo, de los cuales se excluyeron 6 por no cumplir con los criterios de elegibilidad, finalmente, se incluyeron 22 artículos en la síntesis cualitativa de la presente revisión.



Como criterios de inclusión se consideraron artículos científicos originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis, documentos técnicos y guías clínicas publicados en revistas arbitradas e indexadas, asimismo, se incluyeron publicaciones disponibles en texto completo, redactadas en español o inglés y publicadas en los últimos 5 años, se priorizaron investigaciones que presentaran información actualizada con resultados relevantes relacionados a la resistencia microbiana además, de poseer una adecuada calidad metodológica.

Por otra parte se excluyeron documentos, duplicados, publicaciones con acceso restringido, estudios que no guardaban relación directa con el objetivo de la investigación, artículos sin evidencia confiable ni calidad metodológica, del mismo modo se excluyeron documentos duplicados, publicaciones con acceso restringido, resúmenes de congresos, cartas al editor o comunicaciones breves, además de reportes de casos aislados sin sustento metodológico suficiente, para lo cual el proceso se realizó en varias etapas, inicialmente se realizó la identificación de los registros obtenidos mediante las búsquedas en las diferentes bases de datos, posteriormente, se procedió a la eliminación de documentos duplicados y a la revisión de títulos y resúmenes para determinar la pertinencia, finalmente, los artículos potencialmente relevantes fueron sometidos a una lectura completa con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión establecidos.

La información extraída de cada estudio seleccionado fue organizada en matrices de análisis diseñadas específicamente para esta investigación, esta información permitió registrar aspectos como el año de autor, año de publicación, país de procedencia, objetivos, metodología empleada, principales hallazgos y conclusiones, para posteriormente a través de un método de síntesis narrativa, identificación de tendencias, coincidencias y diferencias de la información permitió obtener una visión integral y actualizada del tema a investigar “Rol del laboratorio clínico en la vigilancia, detección y control de la resistencia antimicrobiana: revisión bibliográfica actualizada”, fortaleciendo la validez de los resultados y proporcionando una base científica sólida para la discusión y las conclusiones del estudio.

Dado que la presente investigación corresponde a una revisión bibliográfica sustentada en información proveniente de fuentes secundarias, no fue necesario someter el estudio a la aprobación de un comité de ética ni solicitar consentimiento informado, sin embargo, durante todo el proceso se observaron los principios de integridad académica, transparencia y rigor científico, asegurando la adecuada citación de las fuentes consultadas y el uso responsable de la información recopilada.

RESULTADOS

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, la resistencia antimicrobiana (RAM), se define como la capacidad de un microorganismo para resistir los efectos de los antibióticos, considerándose como una habilidad adquirida propia de la bacteria durante un proceso



infeccioso, poniendo en riesgo tratamientos para infecciones virales, bacterianas, hongos y parásitos, considerándose como un problema de salud pública a nivel mundial, en el cual múltiples evidencias demuestran que los tratamientos adecuados y a tiempo para las infecciones graves por bacterias multirresistentes disminuye la morbilidad y mortalidad en estancias hospitalarias, previniendo las infecciones más frecuentes producidas por bacterias gramnegativas, (8,9).

Entre las bacterias que podemos destacar las enterobacteriales especialmente *Klebsiella pneumoniae*, productoras de betalactamasas de espectro extendido E-BLEE y carbapenemasas EPC, además *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii* resistentes a los carbapenémicos, así también bacterias multirresistentes pertenecientes a clones de alto riesgo permitiendo una alta capacidad de diseminación y colonización (9).

Es por ello que, el uso empírico de tratamientos antimicrobianos de amplio espectro favorecen el desarrollo de resistencias en unidades hospitalarias por lo que, una inadecuada selección de medicamentos, duración insuficiente de los tratamientos, inadecuada interpretación de resultados microbianos, uso inadecuado de medicamentos y la falta de monitorización influyen en el desarrollo de la resistencia antimicrobiana, para prevenir esta situación es esencial disponer de datos sobre la identificación, mecanismos de resistencia y sensibilidad antimicrobiana (8).

El Laboratorio Clínico es de suma importancia para la toma de decisiones médicas, es por ello que a nivel mundial aproximadamente el 70% y 80% de los diagnósticos dependen de los resultados emitidos por el laboratorio, lo cual lo convierte en una base primordial en el diagnóstico y tratamientos de enfermedades, en Ecuador en el año 2021 la RAM fue la responsable de la muerte 1700 personas además, de estar asociada a 7200 muertes un estudio realizado en Manabí en donde se tomó una muestra de orina de 1158 paciente se detectó enterobacterias causantes de infecciones urinarias específicamente *Escherichia Coli* que ha desarrollado resistencia a medicamentos como cefuroxima, fosfomicina y ciprofloxacino (10).

Esto significa que este tipo de infecciones que eran fáciles de tratar se están convirtiendo en un problema grave para la salud pública del país, obligando al mismo tiempo al sistema de salud a replantearse cómo volver a tratar estas enfermedades de forma efectiva, por otro lado existe una creciente preocupación por el aumento de la resistencia en patógenos gramnegativos y la escasez de antibióticos existentes estrechamente relacionado con la prescripción inadecuada y el uso de antibióticos sin receta médica (10,11).

La exposición continua de las bacterias a los antibióticos genera una presión selectiva que favorece a la aparición y permanencia de microorganismos capaces de sobrevivir a estos agentes terapéuticos, las bacterias pueden presentar resistencia de forma natural o desarrollarla posteriormente mediante modificaciones genéticas ya sea por mutaciones genéticas provenientes de otros microorganismo o porque algunas especies son capaces de




manifestar mecanismo temporales de resistencia como respuesta a determinadas condiciones ambientales (11).

El Laboratorio de Bacteriología es el responsable de realizar el aislamiento identificación y prueba de sensibilidad a los antimicrobianos (PSA), empleando la metodología disponible en el Laboratorio Clínico, en este sentido la interpretación de la PSA se realiza de acuerdo con los lineamientos vigentes del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), especialmente la norma M100, así mismo los laboratorios incorporan alertas específicas relacionadas con posibles mecanismos de resistencia de relevancia clínica dentro del sistema Vitek 2 Compact (V2C), como se observa a continuación (12):

Tabla 1. mecanismos de resistencia sistema Vitek 2.

Mecanismo de resistencia	Criterio de sospecha	Sugerencia de alerta V2C
Resistencia a cefalosporinas en <i>Enterobacteriaceae</i>	Cefotaxima = R y/o ceftazidima = R	Confirmar mecanismo de resistencia BLEE o AmpC. BLEE excepto <i>E. coli</i> y <i>K. pneumoniae</i> ; AmpC excepto enterobacterias con AmpC propia de especie, incluyendo <i>Enterobacter spp.</i> , <i>C. freundii</i> , <i>Serratia spp.</i> , <i>M. morgani</i> , <i>Providencia spp</i> y <i>Klebsiella aerogenes</i>
BLEE inusual en <i>Enterobacteriaceae</i>	Cefepima = R, cefotaxima = S, ceftazidima = S	Referir aislamiento al CNRB, este es un mecanismo sumamente inusual
Carbapenemasa en <i>Enterobacteriaceae</i>	Imipenem ≥ 2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ O bien: Piperacilina-tazobactam (TZP) ≥ 128 $\mu\text{g}/\text{ml}$, se sugiere probar el disco de ertapenem (ERT). TZP ≥ 128 $\mu\text{g}/\text{ml}$ + ERT I ó R es sospecha de "OXA like". Para Proteae meropenem ≥ 2 $\mu\text{g}/\text{mL}$	Sospecha de carbapenemasa. Referir aislamiento al CNRB.
Carbapenemasa en <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ceftazidima ≥ 16 $\mu\text{g}/\text{ml}$ + imipenem ≥ 2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ + meropenem ≥ 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$	Sospecha de carbapenemasa. Referir aislamiento al CNRB.
Carbapenemasa en <i>Acinetobacter spp.</i>	Imipenem ≥ 4 $\mu\text{g}/\text{ml}$	Sospecha de carbapenemasa. Referir aislamiento al CNRB.
Resistencia a cefalotina en infección urinaria baja no complicada	Cefalotina = I ó R + cefotaxima y ceftazidima = S	Si se trata de una infección urinaria baja no complicada, se sugiere probar el disco de cefazolina para informar cefalosporinas orales (cefalexina, cefaclor, cefuroxima y cefpodoxima).

 https://vitalyscience.com		
Resistencia a vancomicina <i>Staphylococcus spp.</i>	<i>S. aureus</i> con vancomicina $\geq 4 \mu\text{g/ml}$ <i>Staphylococcus coagulasa</i> negativa con vancomicina $\geq 8 \mu\text{g/ml}$	Confirmar identificación y sensibilidad a glicopéptidos. Referir aislamiento al CNRB
Resistencia a linezolid <i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>E. faecium</i>	Linezolid $\geq 8 \mu\text{g/ml}$	Resistencia inusual, confirmar identificación y sensibilidad. Referir aislamiento al CNRB.
Resistencia a ampicilina en <i>Enterococcus faecalis</i>	Ampicilina = R	Resistencia inusual, confirmar identificación y sensibilidad a los antibióticos, realizar prueba de cefinasa, referir al CNRB cepas de <i>E. faecalis</i> cefinasa positiva
Resistencia a vancomicina en <i>Enterococcus spp.</i>	Vancomicina $\geq 8 \mu\text{g/ml}$	Confirmar identificación y sensibilidad a glicopéptidos. Referir aislamiento al CNRB para confirmación de fenotipo Van A (I/R a vancomicina + I/R a teicoplanina) y VanB (I/R a vancomicina + S ateicoplanina)

Nota y abreviaturas: BLEE β -lactamasa de espectro extendido; S: sensible, R: resistente; I: intermedio; LRR: Laboratorio Regional de Referencia de la Red Latinoamericana de la Vigilancia de la Resistencia a los Antimicrobianos (ReLAVRA), CNRB: Centro Nacional de Referencia de Bacteriología, Inciensa. Información obtenida de: https://www.inciensa.sa.cr/wp-content/uploads/simple-file-list/Guias-de-vigilancia/Resistencia-antimicrobiana/2021_guia_vigilancia_RAM.pdf

Actualmente se incluyen en el análisis los aislamientos microbianos provenientes de tres tipos de muestras como el líquido cefalorraquídeo (LCR), sangre, orina, en el caso de LCR y sangre se tomará en cuenta todos los microorganismos identificados incluyendo hongos y levaduras importancia clínica, por otro lado, para las muestras de orina el análisis se centra principalmente en los dos patógenos más frecuentemente aislados como es el caso de *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, no obstante, se contempla la posibilidad de ampliar la vigilancia a otros tipos de muestras y microorganismos (12).

Algo importante de señalar es que, los sistemas automatizados de los laboratorios clínicos almacenan la totalidad de los aislamientos analizados junto con sus correspondientes perfiles de sensibilidad antimicrobiana, en consecuencia, dicha información se encuentra disponible para análisis posteriores si el laboratorio lo requiere o si se necesita un análisis a nivel local como nacional cuando sea de pertinencia (12).

Mecanismos de resistencia antimicrobiana de relevancia clínica bajo vigilancia

Los mecanismos de resistencia de relevancia clínica pueden ser identificados mediante tarjetas Vitek previamente mencionadas, las cuales forman parte del sistema de vigilancia, entre ellos se encuentra:



- **Cocos Gram positivos:** se consideran los resultados de las pruebas específicas para la detección de resistencia inducible a clindamicina, así como la resistencia a oxacilina, en el caso de *Staphylococcus spp.*, la detección de resistencia a oxacilina permite la identificación de cepas resistentes a meticilina (MRSA) (12,13).
- **Bacilos Gram negativos:** se incluirán los resultados de la detección de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), como mecanismo de resistencia de importancia clínica, respecto a la cefalotina, se debe considerar que este antimicrobiano ya no cuenta con puntos de corte establecidos en la norma M100 del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), utilizada para la interpretación de susceptibilidad, por ende, la recomendación vigente es emplear cefazolina como sustituto para la extrapolación de la sensibilidad a cefalosporinas orales (12,13).

En aquellos laboratorios donde no se disponga de cefazolina, se podrá utilizar la cefalotina como referencia; en este contexto, los aislamientos categorizados como sensibles a cefalotina se considerarán sensibles, mientras que los resultados intermedios o resistentes deberán ser confirmados mediante la prueba con cefazolina (12,13).

Innovaciones tecnológicas en el Laboratorio

Las innovaciones diagnósticas especialmente en áreas UCI, van desde herramientas establecidas hasta plataformas experimentales, por lo cual en procesos precoces resultan clínicamente relevantes como guía en la terapia antimicrobiana, en el cual las plataformas diagnósticas se suelen clasificar según su función principal iniciando con la identificación del patógeno, seguido en la detección de la resistencia y por último la evaluación de la respuesta del huésped, este tipo de organización refleja el proceso de toma de decisiones clínicas, a partir de la confirmación del agente infeccioso hasta la comprensión del perfil de resistencia (14).

A continuación, se destaca los estudios de preparaciones clínicas usadas en laboratorio clínico como nuevas herramientas para el diagnóstico de RAM en ambientes hospitalarios (15).

Tabla 2. Diagnóstico RAM en hospitales.

TECNOLOGÍA DE LABORATORIO	FUNCIÓN PRINCIPAL	NIVEL DE PREPARACIÓN	ADOPCIÓN/LÍMITES
Panel BioFire	Detección de patógenos y genes de resistencia	Establecido	Ampliamente implementado en UCI; diagnóstico rápido de infecciones del torrente sanguíneo; mayor costo compensado por mejores resultados.
Cepheid GeneXpert	Detección de patógenos y genes de resistencia	Establecido	Detección rutinaria de SARM y productores de carbapenemasas en la UCI; resultados rápidos.
Ensayos de flujo lateral	Detección de patógenos	Establecido	Común para <i>C. difficile</i> ,



(LFA)			<i>Legionella</i> , <i>S. pneumoniae</i> , influenza, SARS-CoV-2; menor sensibilidad que las pruebas moleculares.
LFA multiplexados con lectores digitales	Detección de patógenos	Emergente	En fase de ensayos multicéntricos; aún no son herramientas estándar de la UCI.
Biosensores para la identificación de patógenos	Detección de patógenos	Experimental	Etapas de prototipo; validación clínica limitada
Plataformas LOC para AST	Detección de resistencia	Emergente	Primeros proyectos piloto; potencial para realizar pruebas de susceptibilidad rápidas.
Herramientas predictivas de AMR basadas en IA	Predicción y vigilancia de la resistencia	Experimental	Entornos de investigación y piloto; no estandarizados.
Procalcitonina (PCT), análisis de PCR	Detección de biomarcadores del huésped	Establecido	Ampliamente utilizado para guiar la duración de la terapia con antibióticos.

Tabla obtenida de: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12428289/>

Mecanismos moleculares de la resistencia bacteriana

La RAM es un proceso evolutivo que surge como consecuencia de mutaciones genéticas y de transferencia horizontal de genes de resistencia, mediada por elementos genéticos móviles como plásmidos, transposones e integrones, entre los patógenos de mayor relevancia, entre los más importantes se encuentra *Klebsiella pneumoniae* resistente a carbapenémicos (CRKP), *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA) y *Mycobacterium tuberculosis* multirresistente (MDR-TB), estos microorganismos han desarrollado mecanismos de resistencia altamente especializados, incluyendo la producción de carbapenemasas, (como blaKPC), la presencia de proteínas fijadoras de penicilina alteradas (*mecA*) y mutaciones en la ARN polimerasa (*rpoB*), especialmente asociadas a resistencia a rifampicina (15).

La vigilancia epidemiológica ha evidenciado que este tipo de resistencia representa una proporción significativa de los aislamientos resistentes en el ámbito hospitalario, especialmente en MRSA y *E. Coli* resistente a fluoroquinolonas, asimismo, la diseminación de genes o mutaciones asociadas puede verse acelerada por elementos genéticos móviles, contribuyendo a la expansión global de estos fenotipos resistentes (15).

Interferencias del Laboratorio Clínico en la detección de RAM

Diversos factores pueden influir en la calidad y confiabilidad de los resultados de las pruebas de sensibilidad antimicrobiana, incluyendo todas las etapas del proceso, desde la toma de muestra hasta la emisión del informe final, de manera que, cualquier desviación de los procedimientos



estandarizados puede generar un impacto significativo en el flujo de trabajo de laboratorio, con repercusiones potenciales en el diagnóstico, tratamiento y manejo clínico del paciente (16).

Un ejemplo claro de la baja claridad de la muestra constituye un factor inicial que puede originar resultados inexactos, una inadecuada inoculación en placas de agar Mueller-Hinton, especialmente cuando existen cultivos mixtos, puede generar resultados no confiables, de igual manera, una incorrecta estandarización de la suspensión bacteriana o variaciones en el espesor del agar pueden inducir interpretaciones erróneas, así también el uso de paneles de concentración mínima inhibitoria (CMI) de baja calidad puede ocasionar alteraciones como la aparición de pozos deshidratados o pozos mixtos, afectando la validez de los resultados, la realización de procedimientos sin el uso adecuado de equipo de protección personal incrementa la contaminación, la insuficiencia de insumos o su desabastecimiento prolongado también puede retrasar el tiempo de respuesta, reduciendo la eficiencia del laboratorio y demorando el inicio oportuno del tratamiento (16).

DISCUSIÓN

La resistencia antimicrobiana (RAM) constituye actualmente una de las principales amenazas para la salud pública global debido a la pérdida progresiva de eficacia de los antibióticos y su impacto en la morbilidad hospitalaria, la Organización Mundial de la Salud reconoce la RAM como un fenómeno creciente que compromete el tratamiento de infecciones comunes y complejas, lo cual coincide con lo evidenciado en esta revisión, donde se destaca su naturaleza multifactorial y su impacto clínico y epidemiológico (8,11) por otra parte los autores Díaz et al. y Morocho et al. indican que a nivel regional, estudios recientes confirman que la RAM como un problema creciente dado que incrementa la sobrepoblación hospitalaria, prolonga estancias y eleva los costos sanitarios (17,18).

En cuanto a los agentes etiológicos los autores López et al. y Nimmana et al. consideran la concordancia con la literatura que identifica a las enterobacteriales como los principales microorganismos multirresistentes especialmente *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii* (9,11) debido que, estos patógenos se asocian principalmente a mecanismos como BLEE y carbapenemasas, lo que limita las opciones terapéuticas en ese sentido estudios internacionales y regionales evidencian un incremento sostenido de estas bacterias en infecciones intrahospitalarias, especialmente en unidades de cuidados intensivos donde la presión antibiótica es mayor (17,19).

Respecto a los factores asociados al desarrollo de RAM, se evidencia coincidencia con la literatura en que el uso inadecuado de antibióticos es el principal determinante, el tratamiento empírico de amplio espectro, la automedicación y la falta de ajuste terapéutico según resultados microbiológicos contribuyen significativamente a la presión selectiva bacteriana, por otro lado, la OMS y el sistema GLASS enfatizan que la ausencia de programas de optimización antimicrobiana agrava el problema a nivel global, mientras que, en Latinoamérica, diversos



estudios reportan que la limitada adherencia a guías clínicas y la falta de control en la prescripción antimicrobiana mantienen altas tasas de resistencia hospitalaria (18,21,22).

El laboratorio clínico desempeña un papel esencial en la detección y vigilancia de la resistencia antimicrobiana, ya que una gran proporción de las decisiones médicas depende de sus resultados, en concordancia con Bayot et al., las pruebas de susceptibilidad antimicrobiana son fundamentales para orientar el tratamiento, aunque su precisión depende de la correcta ejecución de todas las fases del proceso analítico, asimismo, Pilco et al. destacan que la calidad del laboratorio y la seguridad del paciente influyen directamente en la toma de decisiones clínicas y en la reducción de eventos adversos (13,16).

En relación con la vigilancia microbiológica, los sistemas automatizados como Vitek 2 Compact permiten detectar mecanismos de resistencia como BLEE, AmpC y carbapenemasas, facilitando decisiones clínicas oportunas, sin embargo, la literatura señala que errores en la fase preanalítica y analítica pueden afectar la interpretación de resultados, comprometiendo el tratamiento del paciente, además, estudios recientes destacan la importancia de sistemas de vigilancia integrados para mejorar el monitoreo epidemiológico de la RAM en instituciones hospitalarias (17,21).

Desde el punto de vista molecular, la RAM se explica por mutaciones genéticas y transferencia horizontal de genes mediante plásmidos, integrones y transposones, lo que facilita la expansión de genes de resistencia como *blaKPC* y *mecA* (15), este proceso evolutivo ha permitido la aparición de microorganismos altamente resistentes con capacidad de diseminación global es por ello que Loja et al. Y Arrieta et al, en sus investigaciones recientes refuerzan que la presión antibiótica constante acelera la selección de cepas resistentes en entornos hospitalarios (19,20).

En cuanto a las innovaciones diagnósticas, la evidencia muestra avances importantes en tecnologías moleculares rápidas como BioFire y GeneXpert, que permiten la detección temprana de patógenos y genes de resistencia en pacientes críticos, estas herramientas optimizan la terapia antimicrobiana y reducen el tiempo de respuesta diagnóstico, no obstante, su implementación sigue siendo limitada en países de ingresos medios y bajos debido a barreras económicas y estructurales en consecuencia las tecnologías emergentes como inteligencia artificial y biosensores representan alternativas prometedoras, aunque aún en fase experimental (15,22).

Finalmente, la RAM se consolida como un fenómeno complejo influenciado por factores microbiológicos, clínicos, epidemiológicos y sociales, la literatura coincide en que su control requiere un enfoque integral basado en el uso racional de antibióticos, el fortalecimiento del laboratorio clínico, la vigilancia epidemiológica activa y la adopción de tecnologías diagnósticas avanzadas, aunque existen avances importantes en detección y monitoreo, persisten brechas significativas en su implementación, especialmente en América Latina, lo que evidencia la necesidad de reforzar estrategias de salud pública para contener su progresión (21,22).



CONCLUSIONES

El objetivo del presente estudio fue describir y analizar el rol del laboratorio clínico en la vigilancia, detección y control de la resistencia antimicrobiana, en este sentido, se concluye que el laboratorio clínico cumple un papel determinante como eje central del sistema de vigilancia, ya que mediante la identificación microbiológica, las pruebas de susceptibilidad antimicrobiana y el uso de técnicas automatizadas y moleculares, genera evidencia confiable que permite caracterizar microorganismos resistentes y orientar la toma de decisiones terapéuticas oportunas.

Asimismo, se evidencia que el fortalecimiento del laboratorio clínico impacta directamente en la vigilancia epidemiológica y en el control de la resistencia antimicrobiana, al permitir la detección temprana de mecanismos de resistencia, la identificación de patrones de diseminación y la generación de información estandarizada para la toma de decisiones clínicas y de salud pública, en ese sentido el laboratorio contribuye de forma decisiva a la optimización del uso de antibióticos y a la reducción de la propagación de microorganismos multirresistentes.

Por último, se concluye que, aunque existen avances significativos en tecnologías diagnósticas y sistemas de vigilancia, persisten limitaciones en infraestructura, estandarización e integración de datos que restringen su alcance, especialmente en contextos de recursos limitados es por ello, necesario fortalecer las capacidades del laboratorio clínico, consolidar redes de vigilancia y mejorar la articulación entre los niveles clínico, epidemiológico y tecnológico con el fin de garantizar una respuesta efectiva frente a la resistencia antimicrobiana y mejorar los resultados en salud pública

DECLARACIÓN DE INTERÉS (OPCIONAL)

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés, financiero, institucional, comercial ni de carácter personal que pueda interferir la adecuada elaboración, análisis y publicación del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Antimicrobial resistance [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024 [citado 21 jun 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
2. World Health Organization. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2024 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024 [citado 21 jun 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/initiatives/glass>



3. Kajumbula HM, Amoako DG, Tessema SK, Aworh MK, Chikuse F, Okeke IN, Siedner MJ, et al. Enhancing clinical microbiology for genomic surveillance of antimicrobial resistance implementation in Africa. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2024;13(1):135.
4. World Health Organization. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS): surveillance standards and implementation framework [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024 [citado 21 jun 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/initiatives/glass>
5. Van Kessel SAM, Wielders CCH, Schoffelen AF, Verbon A, de Greeff SC, Altorf-van der Kuil W, et al. Enhancing antimicrobial resistance surveillance and research: a systematic scoping review on the possibilities, yield and methods of data linkage studies. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2025;14(1):25.
6. Howden BP, Ludden C, Werner G, Sintchenko V, Ip M, Jokelainen P, et al. Genomic surveillance for antimicrobial resistance: a One Health perspective. *Nat Rev Genet*. 2024;25(3):142-157.
7. Duan B, Zeng X, Peng J. Advances in genotypic antimicrobial resistance testing: a comprehensive review. *Sci China Life Sci*. 2025;68(1):130-143.
8. Sánchez Sánchez JE, Ortega Maroto GN, Robalino Rivadeneira ME, Arce Arce MF, Peralta Quispillo L. Prevención y control de la resistencia antimicrobiana. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip* [Internet]. 2026 [citado 2026 Jun 22];10(2).
9. López Hernández I, López Cerero L, Fernández Cuenca F, Pascual Á. El papel del laboratorio de microbiología en el diagnóstico de infecciones por bacilos gramnegativos multirresistentes. Importancia de la determinación de mecanismos de resistencias. *Med Intensiva* [Internet]. 2022 [citado 2026 Jun 22];46(8):455-464. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-el-papel-del-laboratorio-microbiologia-articulo-S0210569122000171>. doi:10.1016/j.medin.2022.01.004.
10. Orlando López JPF, Escudero Sarango JM, Conforme Villafuerte GR, Pincay Cañarte FE. Efectos críticos y su relevancia en la protección de la salud pública en Latinoamérica. *Rev Veritas Difus Cient*. 2026;7(1). doi:10.61616/rvdc.v7i1.1408.
11. Nimmana BK, Nguyen AD. Antibiotic Resistance [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan–. [Updated 2026 Jan 31; cited 2026 Jun 22].
12. Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA). Guía estrategia para la vigilancia de la resistencia antimicrobiana (RAM) [Internet]. Cartago (Costa Rica): INCIENSA; 2021 [citado 2026 Jun 22]. Disponible en: https://www.inciensa.sa.cr/wp-content/uploads/simple-file-list/Guias-de-vigilancia/Resistencia-antimicrobiana/2021_guia_vigilancia_RAM.pdf
13. Pilco Yambay CF, Aleaga Trujillo MB, Alarcón Armijo PV, Urquizo Aguiar SG. Impacto de la seguridad del paciente en la calidad de los servicios de laboratorio clínico. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentaciencias* [Internet]. 2023 [citado 2026 jun 22];5(5):1–21.
14. Alatawi DA, Hetta HF, Sayed Ali MA, Ramadan YN, Alaqli AB, Alansari WK, et al. Innovative diagnostic tools to combat antibiotic resistance in intensive care: tools for



- targeted therapy and antimicrobial stewardship. *Diagnostics (Basel)* [Internet]. 2025 Sep 5;15(17):2244. doi:10.3390/diagnostics15172244.
15. Boleti APA, Cruz MV, Fanti Del Pino Santos K, Rannier L, Frihling BEF, Migliolo L, et al. Combating antimicrobial resistance: innovative strategies using peptides, nanotechnology, phages, quorum sensing interference, and CRISPR-Cas systems. *Pharmaceuticals (Basel)* [Internet]. 2025 Jul 27;18(8):1119. doi:10.3390/ph18081119.
 16. Bayot ML, Bragg BN. Antimicrobial susceptibility testing. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 May 27 [citado 2026 jun 22].
 17. Díaz-Coronado JC, Cortés JA, Leal AL, Álvarez-Moreno CA, Rico-Mendoza A, Ovalle MV, et al. Vigilancia y comportamiento de la resistencia antimicrobiana en bacterias de importancia clínica. *Biomédica* [Internet]. 2023 [citado 2026 Jun 23];43(4):457-472.
 18. Morocho Marín GM, Ortiz JG. Resistencia antimicrobiana de Enterobacterias causante de infección del tracto urinario en pacientes ambulatorios. *Rev VIVE Investig Salud* [Internet]. 2024 Ene-Abr [citado 2026 Jun 23];7(19):73-84.
 19. Loja Guamán RO, Ortiz Tejedor JG. Prevalencia de infección del tracto urinario por bacterias uropatógenas y mecanismos de resistencia en pacientes que acuden a un laboratorio de alta complejidad en Cuenca-Ecuador, 2021-2023. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip* [Internet]. 2025 [citado 2026 Jun 23];9(1). doi:10.37811/cl_rcm.v9i1.16360.
 20. Arrieta A, Rodríguez A, Pérez M, et al. Resistencia antimicrobiana: desafíos actuales para la salud pública y estrategias de control. *Rev Científica Multidisciplinar* [Internet]. 2024 [citado 2026 Jun 23]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10254094.pdf>
 21. Cruz MV, Fanti Del Pino Santos K, Rannier L, Frihling BEF, Migliolo L, et al. Combating antimicrobial resistance: innovative strategies using peptides, nanotechnology. (Basel). 2025;18(8)
 22. Chattopadhyay S, Gupta A, Singh R, et al. Antimicrobial resistance surveillance and laboratory-based monitoring strategies: current perspectives and future directions. *Microbiol Res* [Internet]. 2023;3(4):28.