



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

| Facultad de
MEDICINA

MÉTODOS DIAGNÓSTICOS USADOS EN LATINOAMÉRICA PARA LA
IDENTIFICACIÓN DE CARBAPENEMASAS EN ENTEROBACTERALES:
UNA REVISIÓN DE ALCANCE

DIAGNOSTIC METHODS USED IN LATIN AMERICA FOR THE
IDENTIFICATION OF CARBAPENEMASES IN ENTEROBACTERALES: A
SCOPING REVIEW

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE LABORATORIO
CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA

AUTORES

ANA CAROLINA SEGOVIA ANCAJIMA
MIRIAN ALEXANDRA SEMINARIO ANASTACIO
ANDREA BRIGITTE RIVERA GALINDO

ASESOR

MARIBEL DENISE RIVEROS RAMIREZ

CO-ASESOR

LUIS ALEXANDER ORREGO FERREYROS

LIMA – PERÚ

2026

JURADO

PRESIDENTE: DR. JESUS HUMBERTO TAMARIZ ORTIZ
VOCAL: MG. ARQUIMEDES MANSUETO GAVINO GUTIERREZ
SECRETARIO: MG. MARIA DEL CARMEN QUISPE MANCO

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 DE MARZO DEL 2026

CALIFICACIÓN: APROBADO

ASESORES DE TESIS

ASESOR

MG. MARIBEL DENISE RIVEROS RAMIREZ

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-5347-3261

CO-ASESOR

MG. LUIS ALEXANDER ORREGO FERREYROS

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0003-3502-2384

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Alex y Roxana, pilares de mi fortaleza, por su amor incondicional y su constante apoyo, que me brindaron la oportunidad de alcanzar la meta que hoy hago realidad. A mi hermano, David, por ser mi gran inspiración y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. A mi fiel compañero de amanecidas durante toda esta etapa universitaria, Beethoven, por su compañía y por alegrarme la vida. A mi familia por impulsarme a alcanzar mis metas y celebrar cada logro. A mis mejores amigas, por llenar este camino de anécdotas divertidas, aprendizajes y recuerdos que llevaré siempre en mi corazón.

Ana C. Segovia Ancajima

A Dios, por su amor, guía y fortaleza para concederme la oportunidad de culminar esta etapa y acompañarme en cada desafío. A mi esposo, Kevin, por su apoyo incondicional y comprensión durante este camino. A mis padres, Oscar y Lidia, por el esfuerzo, los valores y el ejemplo que me han brindado a lo largo de mi vida; y a mi hermanito, Frank, por su cariño y por motivarme a seguir adelante. Con gratitud, dedico este logro a quienes me acompañaron y alentaron en cada paso de este proceso.

Mirian A. Seminario Anastacio

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi refugio, fortaleza y guía durante este proceso. A mis queridos padres, Liz y Javier, por su amor, confianza y por ser el pilar fundamental de mi formación personal y profesional. A mis abuelitos que me acompañaron en este proceso y sé que desde el cielo están felices al verme culminar esta meta, siempre los llevaré en el corazón. A mis compañeras de tesis, por compartir conmigo largas noches de trabajo, estrés y también de risas. Gracias por su compañerismo, apoyo y dedicación. Dedicado a todas las personas que me brindaron su apoyo y comprensión en los momentos en que más lo necesité.

Andrea B. Rivera Galindo

AGRADECIMIENTOS

A mi madrina Jenniffer, por su cariño, confianza y por enseñarme a nunca rendirme. A mi tía Luz, por motivarme y por convertirse en un ejemplo de vocación. A mis amigos y colegas que me regaló esta profesión, por hacer esta aventura tan amena. A mis compañeras de tesis, Andrea y Mirian, por su compromiso y dedicación en este proyecto. A la Universidad Peruana Cayetano Heredia, por brindarme los conocimientos en mi formación profesional y personal. A los licenciados, gracias por guiarme con su experiencia, paciencia y compromiso. A mis asesores, por las orientaciones y el conocimiento brindado en el desarrollo de esta investigación.

Ana C. Segovia Ancajima

A mis compañeras de tesis, Andrea y Carolina, por su esfuerzo, compromiso y valiosa colaboración en esta investigación y por la gran amistad. A mis asesores y maestros, por compartir generosamente sus conocimientos, orientar el desarrollo de esta investigación y contribuir de manera significativa a mi formación académica y profesional, inspirándome a ejercer mi profesión con ética, responsabilidad y compromiso. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación.

Mirian A. Seminario Anastacio

A Dios y a mis padres por regalarme la oportunidad de alcanzar esta meta. A mi fiel compañero Toto por acompañarme en las noches largas de estudio y brindarme momentos de tranquilidad y alegría. A mis compañeras Carolina y Miriam por su esfuerzo y compromiso en esta investigación. A mi familia y amigos, por comprender mis ausencias y escucharme en los momentos de mayor estrés. A mis asesores y docentes, por compartir generosamente sus conocimientos, orientarme con profesionalismo y contribuir de manera significativa al desarrollo de esta investigación.

Andrea B. Rivera Galindo

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Autofinanciado

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	RIVERA GALINDO ANDREA BRIGITTE
2.	SEGOVIA ANCAJIMA ANA CAROLINA
3.	SEMINARIO ANASTACIO MIRIAN ALEXANDRA

Pertenecientes al programa de la **CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA**, autores del trabajo titulado: **MÉTODOS DIAGNÓSTICOS USADOS EN LATINOAMÉRICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CARBAPENEMASAS EN ENTEROBACTERIALES: UNA REVISIÓN DE ALCANCE** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	RIVEROS RAMIREZ MARIBEL DENISE	MEDICINA	ASESOR
2.	ORREGO FERREYROS LUIS ALEXANDER	MEDICINA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **10%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3626050944**; fecha de entrega: **11-08-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 11 de agosto del 2026.**

Firma del asesor
N° DNI: 41568960
ORCID: 0000-0002-5347-3261

Firma del Co-asesor
N° DNI: 41202355
ORCID: 0000-0003-3502-2384



TABLA DE CONTENIDOS

	PÁG.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES	27
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
VIII. TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS	39
ANEXOS	

RESUMEN

Introducción: La resistencia a los antimicrobianos (RAM) se ha consolidado como una de las principales amenazas para la salud global y ha sido reconocida por la Organización Mundial de la Salud como un problema crítico. Se estima que, de no controlarse, para 2050 la RAM podría superar en mortalidad al cáncer y la diabetes. En este contexto, las Enterobacterales productoras de carbapenemasas representan un grupo crítico debido a su rápida propagación en entornos hospitalarios y la dificultad terapéutica. La pandemia agravó esta situación debido al uso indiscriminado de antibióticos. Consecuentemente, resulta importante conocer el desarrollo de tecnologías de diagnóstico que permitan revelar la presencia de CPE en Latinoamérica. **Objetivo:** Mapear los métodos diagnósticos empleados en Latinoamérica para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales. **Materiales y métodos:** Se realizó la presente revisión de alcance siguiendo las directrices del Instituto Joanna Briggs y la declaración PRISMA-ScR. Se buscaron artículos publicados entre 2020–2025 en diversas bases de datos como Cochrane Library, EBSCOhost, Lilacs, PubMed, SciELO y Scopus. Para la literatura gris, se utilizó Google Scholar y ALICIA, finalizando la búsqueda el 16 de noviembre de 2025. **Resultados:** Se seleccionaron 21 artículos, estos fueron mayoritariamente observacionales de corte transversal con un 94.24%. Para el diagnóstico de carbapenemasas, destacó prueba de Sinergia de discos (23.53%) y PCR convencional (66.7%), además de técnicas inmunocromatográficas. *Klebsiella pneumoniae* (95.2%) fue la especie más reportada. **Conclusiones:** La revisión evidenció una búsqueda amplia y rigurosa que permitió caracterizar los principales métodos diagnósticos en Latinoamérica. Los métodos fenotípicos aportaron utilidad moderada, mientras que las pruebas moleculares y la inmunocromatografía rápida ofrecieron mayor precisión para identificar genes de carbapenemasas. En conjunto, se resalta la necesidad de fortalecer la capacidad diagnóstica regional con técnicas de mayor exactitud y rapidez.

Palabras clave: Carbapenemasas, resistencia antimicrobiana, enterobacterales, métodos diagnósticos.

ABSTRACT

Introduction: Antimicrobial resistance (AMR) has become one of the main threats to global health and has been recognized by the World Health Organization as a critical problem. It is estimated that, if not controlled, AMR could surpass cancer and diabetes in terms of mortality by 2050. In this context, carbapenemase-producing Enterobacterales (CPE) represent a critical group due to their rapid spread in hospital settings and the therapeutic challenges they pose. The COVID-19 pandemic further aggravated this situation as a result of the indiscriminate use of antibiotics. Consequently, it is important to understand the development of diagnostic technologies that allow the detection of CPE in Latin America.

Objective: To map the diagnostic methods used in Latin America for the detection of carbapenemases in Enterobacterales.

Materials and methods: This scoping review was conducted following the Joanna Briggs Institute guidelines and the PRISMA-ScR statement. Articles published between 2020 and 2025 were searched in several databases, including the Cochrane Library, EBSCOhost, Lilacs, PubMed, SciELO, and Scopus. For grey literature, Google Scholar and ALICIA were used, with the search concluding on November 16, 2025. **Results:** A total of 21 articles were selected, the majority of which were observational cross-sectional studies (94.24%). For carbapenemase detection, disk synergy tests (23.53%) and conventional PCR (66.7%) were the most frequently reported methods, in addition to immunochromatographic techniques. *Klebsiella pneumoniae* (95.2%) was the most commonly reported species. **Conclusions:** This review demonstrated a broad and rigorous search that allowed the characterization of the main diagnostic methods used in Latin America. Phenotypic methods showed moderate utility, whereas molecular assays and rapid immunochromatographic tests provided greater accuracy for identifying carbapenemase genes. Overall, the findings highlight the need to strengthen regional diagnostic capacity with faster and more accurate techniques.

Keywords: Carbapenemases, antimicrobial resistance, Enterobacterales, diagnostic methods.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos más críticos que enfrenta la salud pública lo constituye la resistencia a los antimicrobianos (RAM) (1). De tal modo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) la reconoce entre las diez amenazas de salud pública más significativas a las que la humanidad se enfrenta (2). Antes de la emergencia sanitaria por COVID-19, ya se había advertido que, de persistir esta situación, hacia el año 2050 podría alcanzarse una proyección cercana a 10 millones de muertes anuales, cifra que superaría las tasas de mortalidad asociadas al cáncer o la diabetes, además de generar un impacto económico de gran magnitud (3). Además, estas infecciones causadas por microorganismos resistentes no solo afectan la salud, sino que implican un elevado gasto económico calculado en 412,000 millones de dólares anuales a escala mundial (4). Con el fin de mitigar las consecuencias de la RAM, los países afiliados a la Organización Mundial de la Salud (OMS) han desarrollado una agenda de investigación con 40 asuntos prioritarios a tratar hasta el año 2030 (5).

Dentro de estas prioridades se incluye una serie de bacterias patógenas consideradas con gran trascendencia en salud pública, destacando entre ellas las Enterobacterales Productoras de Carbapenemasas (CPE, por sus siglas en inglés) (6), las cuales constituyen un problema de salud global debido a su alta capacidad de propagación y diseminación en entornos hospitalarios (7) y la complejidad terapéutica que presentan las infecciones asociadas a carbapenemasas, lo cual contribuye significativamente al aumento de mortalidad (8). Dentro de este contexto, estas bacterias han adquirido distintos mecanismos de resistencia, siendo especialmente

relevantes las carbapenemasas, enzimas pertenecientes al grupo de las β -lactamasas de amplio espectro capaces de inactivar antibióticos carbapenémicos (9).

En Latinoamérica, la diseminación de estas enzimas ha pasado de ser un fenómeno emergente para consolidarse como un problema endémico en la región. La evidencia señala que en esta región se concentran la mayor carga de casos; no obstante, la presencia de cepas de CPE ha sido documentada en casi todos los países latinoamericanos. Entre las enzimas más prevalentes se identifican KPC, NDM y OXA-48-like, cuya diseminación está vinculada al movimiento de clones de alto riesgo y elementos genéticos móviles (10). En el Perú se ha reportado la presencia de todas las variantes de carbapenemasas, identificadas tanto en hospitales de la capital (11), como en otros establecimientos de salud a nivel nacional (12).

Del mismo modo, la pandemia provocada por el COVID-19 exacerbó una influencia considerable sobre el surgimiento y diseminación de carbapenemasas, evidenciándose un incremento en la no susceptibilidad a los carbapenémicos. Esto podría atribuirse al uso desmedido e indiscriminado de antimicrobianos de amplio espectro durante el tratamiento en pacientes infectados con COVID-19 (13). Bajo este panorama, en el periodo comprendido entre 2020 y 2021, se registró un aumento significativo de CPE en distintas naciones del Caribe y Latinoamérica, incluyendo aislamientos con coproducción de múltiples enzimas. Este fenómeno se relaciona con el uso empírico extendido de antimicrobianos de amplio espectro en hospitalizados por infección de SARS-CoV-2 así como con la sobrecarga de los sistemas sanitarios, condiciones que dificultaron el cumplimiento de las medidas de control epidemiológico. Dicho aspecto fue reportado por la Red Latinoamericana de Vigilancia de la Resistencia a los Antimicrobianos (ReLAVRA) en países como

Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay, entre otros. Cabe resaltar que, en Uruguay, la frecuencia de aislamientos con $bla_{KPC} + bla_{NDM}$ se elevó de menos del 1% a 5.6 % entre el periodo pre-pandemia y el periodo pandémico. En Argentina, se documentó, por primera vez en hospitales, la combinación $bla_{KPC} + bla_{NDM}$ en un 60% de los aislamientos (196 cepas), junto con $bla_{KPC} + bla_{IMP}$ en casos aislados. En Brasil, durante la pandemia se observó un aumento del 42,8 % en la proporción de aislamientos con carbapenemasas (entre marzo 2020 y octubre 2021), comparado con el periodo previo (14).

Sin embargo, el principal desafío en Latinoamérica no es solo la presencia de CPE, sino la notoria heterogeneidad y la falta de estandarización en los métodos diagnósticos, ya que la identificación de carbapenemasas en Enterobacterales enfrenta múltiples limitaciones. En este escenario, se observa una marcada heterogeneidad, pues distintos países y laboratorios aplican pruebas fenotípicas como: Test de Hodge modificado, Carba NP, test de sinergia con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) o ácido borónico, entre otros, moleculares como: PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa, por sus siglas en inglés), LAMP (Amplificación isotérmica mediada por bucles, por sus siglas en inglés), WGS (Secuenciación del Genoma Completo, por sus siglas en inglés), y ensayos inmunocromatográficos, sin que exista aún una estandarización regional clara. Esta variabilidad de técnicas diagnósticas genera brechas significativas en la sensibilidad, especificidad, lo cual dificulta la vigilancia epidemiológica a nivel regional y retrasa la toma de decisiones clínicas.

En relación con los métodos diagnósticos, la variabilidad en la sensibilidad se ejemplifica en un estudio efectuado en Brasil, el cual compara tres pruebas

fenotípicas: Carba NP, Blue Carba y el Carbapenem Inactivation Method (CIM). Los hallazgos revelaron sensibilidades dispares (62.7 %, 95.3 % y 74.4 %, respectivamente) y diferencias en los tiempos de ejecución, lo que evidencia una marcada heterogeneidad diagnóstica. Esta problemática se acentuó en cepas productoras de OXA-370, donde el método Carba NP mostró una sensibilidad baja, mientras que Blue Carba, aunque más sensible, presenta el inconveniente de depender de una lectura cromática subjetiva. Por su parte, el mCIM (Método de Inactivación de Carbapenémicos Modificado) se distingue por su accesibilidad en cuanto a los insumos, pero su mayor limitación radica en la prolongada duración del ensayo, que puede extenderse desde dieciocho hasta veinticuatro horas. El estudio subraya que la detección de carbapenemasas tipo OXA constituye un desafío particular debido a su baja actividad hidrolítica, lo que compromete la eficacia de los ensayos basados en hidrólisis visual. La heterogeneidad en los métodos empleados evidencia la necesidad de estandarizar protocolos que permitan diagnósticos más uniformes y comparables. Aunque la PCR es el método de referencia, su uso sigue limitado por factores económicos, lo que obliga a continuar dependiendo de técnicas alternativas con menor precisión (15).

Del mismo modo, un estudio desarrollado en el Hospital de Enfermedades Infecciosas São José, en Brasil, mostró que la identificación de los aislados no pudo sustentarse en un único ensayo, sino que requirió la combinación secuencial de un método fenotípico con el equipo Vitek®2, un método inmunocromatográfico con la prueba NG-CARBA-5® y, como referencia, el método molecular PCR Genexpert® CARBA-R. El análisis de 904 aislamientos clínicos obtenidos durante la pandemia de COVID-19 —contexto mundial en el que el uso intensivo de

antimicrobianos favoreció la emergencia de resistencias— permitió confirmar 271 cepas productoras de carbapenemasas, dentro de las cuales predominaron *Klebsiella pneumoniae* (89.7 %) y la enzima KPC (49.4 %). No obstante, se registró un cambio en el perfil epidemiológico con el incremento de metalo- β -lactamasas como NDM (41.3 %) e IMP (1.1 %), así como la presencia de coexpresión en diversos porcentajes (KPC–NDM, NDM–IMP y KPC–IMP), lo que complejiza tanto la detección como la selección terapéutica (16). Los hallazgos sugieren que el incremento en el uso de antimicrobianos durante la pandemia pudo haber favorecido la selección y diseminación de estos mecanismos de resistencia, resaltando la importancia de fortalecer la vigilancia microbiológica y los programas de optimización del uso de antimicrobianos.

Por otra parte, para el primer caso documentado de *Klebsiella pneumoniae* con producción de carbapenemasas en Perú, se emplearon métodos fenotípicos como test de Hodge modificado, sinergia de doble disco, inmunocromatografía y la inactivación del carbapenémico. En los cuatro cultivos de *K. pneumoniae* se confirmó la producción de carbapenemasas, con CMI elevadas (Ertapenem: 4 y ≥ 8 $\mu\text{g/mL}$; Imipenem y Meropenem: ≥ 16 $\mu\text{g/mL}$), respaldando la utilidad de los métodos fenotípicos estandarizados en su confirmación (17).

En un estudio realizado en 2024 en un hospital de Lima, Perú, se reconocieron 21 aislamientos clínicos de CPE. Se evidenció una alta resistencia asociada a genes como *bla*_{NDM-1} y *bla*_{KPC-2} en cepas con múltiples mecanismos de resistencia, lo que enfatiza la importancia de establecer programas de vigilancia genómica (18).

La identificación específica de carbapenemasas en Enterobacterales se ha vuelto esencial ante el avance de la resistencia a carbapenémicos, un problema creciente para la salud pública mundial. Estas enzimas confieren a las bacterias un alto nivel de resistencia, limitando significativamente las alternativas terapéuticas disponibles (19).

Si bien existen revisiones narrativas y metaanálisis de alcance global que describen métodos diagnósticos empleados en distintos países, hasta el momento en Latinoamérica no se dispone de una síntesis estructurada que refleje las particularidades del contexto (recursos tecnológicos limitados) y que permita integrar y organizar la evidencia reciente sobre las metodologías utilizadas para su detección.

En este sentido, la presente revisión de alcance permitirá sistematizar la información disponible entre los años 2020 y 2025, identificando las técnicas diagnósticas empleadas, sus características y el contexto en el que se aplican, contribuyendo así al fortalecimiento del conocimiento científico en el ámbito del diagnóstico microbiológico regional.

Disponer de métodos diagnósticos eficaces facilita la toma de decisiones clínicas oportunas, la implementación de medidas de control y la prevención de brotes nosocomiales. No obstante, los métodos actuales (fenotípicos, inmunocromatográficos y moleculares) presentan variaciones en su desempeño diagnóstico y disponibilidad según el contexto clínico (19).

En Latinoamérica, a pesar de la urgencia, las capacidades diagnósticas varían ampliamente entre los establecimientos de salud. Mientras algunos laboratorios

emplean únicamente métodos clásicos de susceptibilidad, otros han incorporado pruebas más avanzadas, tales como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), ensayos inmunocromatográficos y pruebas basadas en propiedades enzimáticas (Carba NP test, mCIM, entre otras) (17).

Por ello, esta revisión aportará evidencia organizada que pueda servir como referencia para fortalecer la capacidad diagnóstica, especialmente en contextos con recursos limitados.

Por consiguiente, resulta pertinente realizar una revisión de alcance debido a la necesidad de mapear y describir la evidencia disponible sobre los métodos diagnósticos empleados para la identificación de carbapenemasas en Enterobacterales en Latinoamérica, considerando la marcada heterogeneidad y la falta de estandarización regional. Este diseño metodológico permite integrar información proveniente de diversos contextos y posibles vacíos de investigación.

Asimismo, el periodo seleccionado (2020–2025) permite incorporar el impacto específico de la pandemia por COVID-19, la cual estuvo asociada a un incremento de la automedicación y del uso inadecuado de antibióticos, factores que contribuyeron a la diseminación de la resistencia bacteriana e influyeron en la dinámica de detección y reporte de carbapenemasas.

La problemática de la resistencia antimicrobiana adquiere mayor relevancia al alinearse con el Objetivo Estratégico 5 de las Líneas Nacionales de Investigación en Salud del Perú al 2030, el cual promueve el desarrollo y aplicación de tecnologías diagnósticas innovadoras, accesibles y sostenibles (20).

Asimismo, este trabajo se enmarcará dentro en los esfuerzos globales para enfrentar la resistencia antimicrobiana (RAM), contribuyendo al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 3: Salud y Bienestar, que impulsa el alcance equitativo a servicios de salud de calidad y el control de enfermedades prioritarias en salud pública (2). En este contexto, la resistencia antimicrobiana compromete directamente el logro de metas 3.d.1. Capacidad prevista en el Reglamento Sanitario Internacional (RSI) y preparación para emergencias de salud, que evalúa la capacidad de los países para identificar, analizar y afrontar a amenazas sanitarias, incluyendo brotes infecciosos y la resistencia antimicrobiana (RAM) (21); y la 3.d.2. Porcentaje de infecciones del torrente sanguíneo debidas a determinados organismos resistentes a los antimicrobianos seleccionados, el cual expone la magnitud del problema que representan las infecciones severas provocadas por microorganismos resistentes, cuyo incremento sugiere limitaciones en las estrategias de vigilancia y diagnóstico temprano de la RAM (22).

En este contexto, fortalecer la evidencia sobre metodologías diagnósticas no solo tiene implicancias técnicas, sino también sociales, al favorecer una atención en salud más equitativa, mejorar la vigilancia epidemiológica y contribuir al control de infecciones. Además de generar evidencia que pueda servir como base para la unificación de criterios diagnósticos en países como el Perú, donde aún no se cuenta con una estandarización regional clara para la detección de carbapenemasas.

Por consiguiente, esta revisión tiene como objetivo responder a la pregunta ¿Cuál es la evidencia disponible sobre los métodos diagnósticos empleados para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales en Latinoamérica entre los años 2020 al 2025?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Mapear los métodos diagnósticos empleados en Latinoamérica para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales.

Objetivos específicos

1. Describir los métodos fenotípicos utilizados en Latinoamérica para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales, considerando su sensibilidad, especificidad, especie bacteriana, origen clínico de la muestra y el país de estudio.
2. Describir los métodos moleculares utilizados en Latinoamérica para la detección de genes de carbapenemasas en Enterobacterales, considerando su sensibilidad, especificidad, especie bacteriana, origen clínico de la muestra y el país de estudio.
3. Describir los métodos inmunocromatográficos utilizados en Latinoamérica para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales, considerando su sensibilidad, especificidad, especie bacteriana, origen clínico de la muestra y el país de estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio

Se llevó a cabo un estudio secundario bajo el diseño de revisión de alcance (scoping review), cuya pregunta de investigación fue formulada mediante el acrónimo Población, Concepto y Contexto (PCC). Esta investigación se desarrolló en el marco metodológico propuesto por Arksey y O'Malley, actualizado por Levac et al., las directrices del Joanna Briggs Institute (JBI) y los lineamientos de la declaración PRISMA-ScR (23).

Protocolo y registro

La presente investigación fue inscrita en el Sistema de Información de Proyectos de Investigación (SIDISI) bajo el código 219388, cuenta con el aval de la DUICT y la DUARI, acreditado mediante la carta de aprobación N° CAR-DUARI-O-527-25 el 07 de octubre de 2025. Asimismo, el Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH) otorgó su aprobación el 15 de octubre del 2025 (Anexo 1)

Población (P): La población de la presente investigación estuvo conformada por estudios que reportaron Enterobacterales productoras de carbapenemasas. Se consideraron aislamientos bacterianos obtenidos a partir de distintos tipos de muestras clínicas procedentes de pacientes hospitalizados y ambulatorios.

Concepto (C): El concepto central de la investigación correspondió a los métodos diagnósticos empleados para la identificación de carbapenemasas en Enterobacterales. Se incluyeron técnicas fenotípicas, moleculares e inmunocromatográficas, con el objetivo de determinar la clase de enzima

carbapenemasa, genes de resistencia y reconocimiento de antígenos asociados a carbapenemasas, respectivamente.

Contexto (C): El contexto se abordó en entornos hospitalarios, laboratorios clínicos o clínicas privadas en Latinoamérica, en donde se habían implementado los métodos diagnósticos para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales. Estos establecimientos contaron con equipamiento, infraestructura e insumos necesarios para el procesamiento de muestras clínicas y la ejecución de técnicas fenotípicas, moleculares e inmunocromatográficas.

Criterios de inclusión y exclusión

Para la selección de la literatura se consideraron estudios primarios de tipo observacional, analítico y descriptivo, así como estudios secundarios, tales como revisiones sistemáticas y metaanálisis, que abordaron el tema de interés que sirvieron como fuente para identificar estudios primarios. Del mismo modo, se consideraron tesis académicas que presentaron un diseño metodológico equivalente a los estudios mencionados. Se incluyeron aquellos trabajos que se enfocaron en analizar, comparar o describir procedimientos diagnósticos (fenotípicos, moleculares e inmunocromatográficos) utilizados para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales, bajo la condición de que sean realizados en muestras o aislamientos de origen humano. Finalmente, la búsqueda se precisó en un periodo de publicación comprendido en el intervalo del año 2020 al 2025, con el propósito de captar los cambios y el impacto que la pandemia por COVID-19 ejerció sobre la implementación y priorización de estos métodos en la región

latinoamericana. Únicamente se tomaron en cuenta documentos escritos en inglés, en español y/o en portugués.

Se determinó excluir publicaciones como cartas al editor, compendios de congresos, actas de conferencias y editoriales. Asimismo, se excluyeron los estudios experimentales, debido a que el objetivo principal de nuestro estudio es mapear la realidad actual de los métodos diagnósticos utilizados en Latinoamérica; los estudios experimentales suelen evaluar técnicas novedosas o desarrolladas en condiciones controladas que no siempre reflejan las prácticas diagnósticas reales empleadas en los laboratorios de la región. A su vez, se descartaron investigaciones que incluyeron muestras que no sean de origen humano. Del mismo modo, se excluyeron investigaciones que se enfocaron en procesos diferentes de resistencia antimicrobiana, como β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) o AmpC, que no incluyeran el estudio de carbapenemasas como parte de su análisis.

Definición operacional de variables

Se desarrolló un cuadro de operacionalización en la que se detallaron las variables consideradas en esta revisión de alcance, puede revisarse en el Anexo 6.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda de los artículos publicados entre 2020 al 2025. La búsqueda iniciada por los investigadores inició en el periodo comprendido desde el 16 de octubre del 2025 hasta el 16 de noviembre del 2025.

Para la búsqueda de los artículos se empleó distintas bases de datos como Cochrane Library, EBSCOhost, Lilacs, PubMed, SciELO y Scopus. Los investigadores adaptaron la estrategia de búsqueda de acuerdo a la base de datos.

En Cochrane Library, Scopus y PubMed se emplearon términos MeSH y términos libres, así como operadores booleanos (AND, OR y NOT) en distintas combinaciones. En el caso de EBSCOhost usamos términos libres, para Lilacs y SciELO se emplearon términos libres y DeCS. Para obtener la literatura gris se utilizó Google Scholar y ALICIA (Anexo 2).

La estrategia de búsqueda incluyó la aplicación de tres algoritmos en Cochrane Library (45 registros) y un algoritmo en EBSCOhost (1072 registros). Asimismo, se utilizaron tres algoritmos en Lilacs (116 registros), dos en PubMed (114 registros), tres en SciELO (98 registros) y uno en Scopus (133 registros). Para la literatura gris, se emplearon tres algoritmos en ALICIA (49 registros) y uno en Google Scholar (2200 registros).

Selección de estudios

El proceso se ejecutó en tres etapas sucesivas. Primero, los artículos fueron importados al gestor bibliográfico Mendeley, donde se eliminaron los duplicados y los artículos que no estuvieran dentro del periodo de publicación del 2020-2025. De esta manera, luego se ejecutó un cribado manual por título y resumen, basado en los criterios precisados por la estrategia PCC para reconocer artículos potencialmente elegibles, el cual fue evaluado de forma independiente por las investigadoras ASA, MSA y ARG. Por último, se realizó una revisión minuciosa de los textos completos siguiendo los criterios de inclusión y de exclusión previamente definidos. Esta última fase fue desarrollada de manera independiente por las investigadoras, solventando cualquier desacuerdo con el apoyo del asesor MRR. En cuanto a la selección final de artículos por base de datos, no quedó

seleccionado ningún artículo de Cochrane Library ni Scopus, solo 1 de EBSCOhost, 4 de Lilacs, 5 de PubMed y 3 de SciELO. En cuanto a la literatura gris, quedaron 6 de Alicia y 2 de Google Scholar.

En total se seleccionaron 21 artículos, los cuales fueron ordenados y clasificados de acuerdo con las dimensiones PCC, recopilándose información relevante como la población estudiada, metodología empleada y el entorno clínico correspondiente. Para garantizar la transparencia, el proceso de selección de los estudios se documentó en un diagrama de flujo PRISMA ScR.

Extracción de datos

Tras la selección final de los 21 estudios, se procedió a la extracción completa de la información mediante una lectura crítica y detallada de cada artículo, llevada a cabo de manera independiente por las revisoras (ASA, MSA y ARG), utilizando una plantilla previamente elaborada en Microsoft Excel (Tabla 1).

Posteriormente, se efectuó una lectura cruzada entre las investigadoras con el objetivo de verificar la coherencia de los datos recopilados y reducir el riesgo de omisión o incorporación de información irrelevante.

La información extraída incluyó: base de datos, primer autor, año de publicación, país de origen, tipo de estudio, así como los métodos empleados.

Finalmente, los hallazgos fueron organizados mediante una revisión narrativa estructurada según las dimensiones temáticas previamente mencionadas, lo que permitió integrar los hallazgos y describir de manera clara los aportes de cada investigación.

Análisis de resultados

En este estudio, la recopilación y el análisis de la información se presentaron narrativamente mediante tablas y gráficos elaborados en Microsoft Excel por las investigadoras. Dichas tablas se estructuraron conforme a los objetivos específicos. Se crearon tablas independientes para los métodos fenotípicos, moleculares e inmunocromatográficos utilizados para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales, consignando el país de estudio, el método diagnóstico empleado, clase de carbapenemasa identificada, sensibilidad, especificidad, especie bacteriana, origen clínico de la muestra, gen de carbapenemasa detectada (método molecular), permitiendo analizar detalladamente cada uno de los 21 artículos.

IV. RESULTADOS

4.1 Características metodológicas y distribución de los estudios sobre detección de carbapenemasas en Latinoamérica

En la presente revisión de alcance se incluyeron 21 artículos publicados entre 2020 y 2025, procedentes de seis países de Latinoamérica (Perú, Chile, Brasil, Paraguay, Colombia y Venezuela), lo que representa 6 de los 14 países que conforman la región.

En lo concerniente al diseño metodológico, la totalidad de los estudios incluidos (n=21) correspondió a investigaciones descriptivas. Predominó el enfoque observacional descriptivo de corte transversal (n=20; 95.24%), mientras que un artículo (4.76%) fue de tipo descriptivo de serie de casos. Todos estuvieron orientados a la detección y caracterización de carbapenemasas mediante métodos fenotípicos, moleculares e inmunocromatográficos.

Respecto al idioma de publicación, 14 artículos (66.67%) estuvieron redactados en español y 7 (33.33%) en inglés.

En relación con la procedencia geográfica, la mayoría de los estudios se desarrolló en Perú (n=12; 57.14%), seguido de Brasil (n=3; 14.29%). Colombia y Paraguay aportaron dos estudios cada uno (9.52% respectivamente), mientras que Chile y Venezuela contribuyeron con un artículo cada uno (4.76%).

En cuanto al tipo de muestra, el 85.7% de los estudios se basó en el análisis de aislamientos biológicos clínicos, mientras que el 14.28% empleó bancos de cepas previamente aisladas para la confirmación de genes de resistencia.

Finalmente, en relación con los métodos utilizados, se identificó el empleo de diversos métodos fenotípicos (n=12) para la detección de mecanismos de resistencia a carbapenémicos. En varios estudios se aplicaron dos o más pruebas fenotípicas de manera complementaria con el objetivo de incrementar la sensibilidad diagnóstica. Asimismo, se reportó el uso de métodos moleculares e inmunocromatográficos para la confirmación y diferenciación específica de carbapenemasas.

4.2 Métodos fenotípicos usados en Latinoamérica

En 17 de los 21 artículos incluidos se identificaron 34 métodos fenotípicos. Según su frecuencia de uso, estos fueron: test de sinergia de discos (utilizando AFB y EDTA) (n=8, 23.53%), Blue Carba (n=5, 14.71%), sinergia a doble disco con EDTA-SMA (n=3, 8.82%), método modificado de inactivación del carbapenémico (mCIM) (n=3, 8.82%), test de Hodge modificado (MHT) (n=3, 8.82%), pruebas colorimétricas rápidas Carba NP (n=3, 8.82%), test de Hodge con Tritón X-100 (THT) (n=2, 5.88%), test de sinergia de disco solo con AFB (n=2, 5.88%), sinergia de discos con ceftazidima/avibactam y aztreonam con AFB y EDTA/SMA (n=1, 2.94%), test de sinergia de disco solo con EDTA (n=1, 2.94%), test con discos de piperacilina/tazobactam (carbapenemasas clase D) (n=1, 2.94%), cultivos en medios cromogénicos selectivos (n=1, 2.94%) y MASTHISCSTTM (por sus siglas en español, Sistema inmunocromatográfico híbrido de MAST) Combinado (n=1, 2.94%) (Anexo 3).

Los métodos fenotípicos que permitieron determinar únicamente la presencia o ausencia de carbapenemasas en Enterobacterales fueron: mCIM, test de Hodge

modificado, test de Hodge con Tritón X-100, Carba NP, Blue Carba y los cultivos en medios cromogénicos selectivos.

Por otro lado, los métodos que posibilitaron determinar tanto la presencia como el tipo de carbapenemasa incluyeron las pruebas de sinergia de discos con ácido fenilborónico (AFB) y/o EDTA (clases A y B), la sinergia de doble disco con EDTA-SMA (clase B), la sinergia con ceftazidima/avibactam y aztreonam combinados con AFB y EDTA/SMA (clases A y B), el test con discos de piperacilina/tazobactam (clase D) y el sistema MASTHISCSTTM Combinado (clases A, B y D).

En las clases de carbapenemasas de métodos fenotípicos se identificó KPC (n=9; 40.9%), seguida de NDM (n=7; 31.8%), MBL (n=5; 22.7%) y OXA-48 (n=1; 4.5%).

En cuanto a la sensibilidad (S) y especificidad (E), tres artículos reportaron ambas métricas. De estos, dos evaluaron mCIM (S >99% y E >99%), dos Blue Carba (S=100% y E=100%) y dos Carba NP (S=100% y E=100%). Asimismo, un artículo reportó únicamente la sensibilidad del test de Hodge modificado (S=100%).

Las seis especies bacterianas más frecuentes fueron: *Klebsiella pneumoniae* (n=35), *Escherichia coli* (n=14), *Enterobacter cloacae* (n=12), *Providencia rettgeri* (n=3), *Klebsiella aerogenes* (n=2) y *Serratia marcescens* (n=1). En relación con el origen clínico de las muestras, predominaron orina (n=35), sangre (n=31), secreciones (n=23), punta de catéter (n=18), hisopado nasal (n=16), heridas (n=11), secreción bronquial (n=8), entre otras (n=27).

En Perú se recopilaron 10 artículos que reportaron pruebas fenotípicas, siendo más frecuentes las pruebas de sinergia con EDTA y AFB, con 5 registros (50%) (9, 17, 18, 24, 25). En Colombia se identificó 1 estudio que describió la prueba de sinergia de discos con EDTA/AFB (n=1, 50%) y el test de Hodge (n=1, 50%) (26). En Paraguay, dos publicaciones reportaron Blue Carba (n=2, 50%) y la prueba de sinergia de discos (AFB + EDTA/SMA) (n=2, 50%) (27, 28).

En el único artículo de Chile se identificaron cuatro pruebas: test de Hodge con Tritón X-100 (n=1, 25%), Blue Carba (n=1, 25%), Carba NP (n=1, 25%) y sinergia de discos con EDTA/AFB (n=1, 25%) (29). Finalmente, una publicación de Venezuela reportó cuatro métodos: Blue Carba (n=1, 25%), test de Hodge con Tritón X-100 (n=1, 25%), sinergia de discos con EDTA/AFB (n=1, 25%) y MASTHISCS™ Combinado (n=1, 25%) (30) (Anexo 3).

4.4 Métodos moleculares usados en Latinoamérica

En 18 (85.71%) de los 21 artículos se encontraron 6 métodos diagnósticos de los cuales. En los artículos seleccionados predominó la PCR convencional, utilizada en 12 estudios (60%). Asimismo, la PCR en tiempo real (Real-Time PCR) se empleó en 1 artículo (5%), la PCR multiplex en 2 investigaciones (10%), la secuenciación automatizada Sanger en 1 publicación (5%), la PCR convencional múltiple en 2 artículos (10%) y la secuenciación del genoma completo (WGS, por sus siglas en inglés) en 2 investigaciones (10%) (Anexo 4).

Solo un artículo reportó una sensibilidad y especificidad cercanas al 100% para la PCR convencional. En cuanto a las clases de carbapenemasas identificadas, se observaron las siguientes combinaciones: KPC y NDM (n=6), KPC, MBL y OXA-

48 (n=4), KPC y MBL (n=2), KPC, NDM y OXA-48 (n=2), OXA-48 y OXA-232 (n=2), KPC, NDM y VIM (n=2), KPC y OXA-48 (n=1) y MBL (n=1).

Respecto a los genes de carbapenemasas identificados, estos se repitieron entre 1 y 5 veces por artículo. Se reportaron principalmente: *bla*_{KPC} (n=13), *bla*_{NDM} (n=13), *bla*_{OXA-48} (n=6), *bla*_{VIM} (n=5), *bla*_{IMP} (n=5), *bla*_{NDM-1} (n=4), *bla*_{KPC-2} (n=3), *bla*_{OXA-232} (n=2) y *bla*_{OXA-48-like} (n=2).

Las seis especies bacterianas principalmente reportadas fueron: *Klebsiella pneumoniae* (n=17), *Escherichia coli* (n=5), *Enterobacter cloacae* (n=2), *Providencia rettgeri* (n=2), *Klebsiella aerogenes* (n=2) y *Serratia marcescens* (n=1). En relación con el origen clínico de las muestras, la más frecuente fue orina (n=27), sangre (n=16), secreciones/muestras respiratorias (n=15), aspirado endotraqueal/traqueal (n=9), aspirado nasofaríngeo (n=7), secreción de herida/herida quirúrgica (n=7), hisopado rectal (n=5), otros (n=22)

En cuanto a la distribución por país, los artículos procedentes de Brasil (n=3, 16.65%) utilizaron en su totalidad métodos moleculares: PCR en tiempo real (n=1), PCR convencional (n=1) y PCR multiplex (n=1) (31, 32, 33). El único estudio de Chile (n=1, 5.56%) empleó PCR convencional y secuenciación automatizada Sanger (29).

Por su parte, en Perú (n=10), diez estudios (55.56%) utilizaron métodos moleculares, específicamente PCR convencional (n=8), PCR multiplex (n=1) y secuenciación del genoma completo (n=1) (9, 12, 18, 24, 25, 34, 35, 36, 37, 38). En Colombia (n=2), un estudio (5.56%) empleó PCR convencional y secuenciación del genoma completo (39). Asimismo, las publicaciones de Paraguay (n=2, 11.11%)

utilizaron PCR convencional múltiple (n=2) (27, 28), mientras que el único artículo de Venezuela (n=1, 5.56%) empleó PCR convencional (30) (Anexo 4).

4.5 Métodos inmunocromatográficos usados en Latinoamérica

En relación con los métodos inmunocromatográficos, cuatro artículos (19.05%) reportaron el uso de pruebas rápidas basadas en esta metodología; en todos los casos se empleó el sistema RESIST-3 OKN CORIS (BioConcept) para la detección de carbapenemasas. Asimismo, los cuatro estudios describieron una sensibilidad y especificidad del 100%. En cuanto a las clases de carbapenemasas identificadas mediante métodos inmunocromatográficos, predominó KPC (Clase A de Ambler) con 3 reportes, seguida de OXA-48 (Clase D de Ambler) con 2 reportes y NDM (Clase B de Ambler) con 1 reporte (17, 26, 29, 40).

Por otro lado, las cinco especies bacterianas principales identificadas, estas fueron: *Klebsiella pneumoniae* (n=5), *Escherichia coli* (n=2), *Klebsiella oxytoca* (n=2), *Klebsiella ozaenae* (n=1) y *Enterobacter cloacae* (n=1). Por su parte, las muestras biológicas reportadas incluyen orina (n=7), herida (n=4), sangre (n=3), aspirado nasal (n=3), catéter (n=3), secreción bronquial (n=1), aspirado endotraqueal (n=1), hueso (n=1) e hisopado rectal (n=1).

Estos estudios proceden de Perú (n=2, 50%), Chile (n=1, 25%) y Colombia (n=1, 25%) (28, 31, 34, 46). La técnica se aplicó de manera uniforme en los aislamientos analizados, realizándose la lectura de resultados a los 15 minutos en todos los casos. Además, fue utilizada en la totalidad de los aislamientos de *Klebsiella pneumoniae* (Anexo 5).

V. DISCUSIÓN

La presente revisión de alcance permitió mapear la evidencia disponible entre los años 2020 y 2025 sobre los métodos diagnósticos empleados para la detección de carbapenemasas en Enterobacterales en Latinoamérica. Los aportes confirman el escenario planteado en la introducción con respecto a la notoria heterogeneidad de métodos diagnósticos.

Se identificó que los laboratorios de Latinoamérica utilizaron hasta 13 técnicas fenotípicas distintas, siendo las más frecuentes la prueba de sinergia de discos con EDTA/Ácido Borónico y el método modificado de inactivación del carbapenémico (mCIM). Estos ensayos se usaron ampliamente como pruebas de cribado inicial debido a su bajo costo y mayor accesibilidad. A pesar de plantearse la necesidad de métodos rápidos y estandarizados, los resultados muestran que cada país, incluso independientemente de cada hospital o clínica, implementa las técnicas disponibles según sus propios recursos y capacidades (41).

Uno de los hallazgos principales es que, si bien en la introducción se manifestó que la PCR es el método de referencia (15), nuestros resultados muestran que su implementación fue predominantemente en la técnica PCR convencional (60%) y no PCR en tiempo real (5%). En cuanto a los métodos inmunocromatográficos, su uso fue menos frecuente, aunque los estudios que los reportaron describieron sensibilidades y especificidades cercanas al 100%.

En conjunto, la evidencia disponible muestra que Latinoamérica enfrenta la detección de carbapenemasas mediante estrategias no estandarizadas y con una

dependencia persistente de pruebas fenotípicas manuales, condicionadas por limitaciones estructurales y económicas.

Los resultados obtenidos confirman la continua dependencia de métodos fenotípicos manuales en Latinoamérica, lo cual puede interpretarse como una respuesta adaptativa frente a la limitada disponibilidad de recursos para automatización y tecnologías avanzadas, priorizando la accesibilidad económica de los insumos por encima de la rapidez para obtener el resultado. Esta situación contrasta con el contexto de Europa y Norteamérica, donde las recomendaciones de organismos internacionales como las guías de EUCAST y CLSI se desarrollan dentro de flujos de trabajo que suelen integrar tecnologías rápidas y automatizadas como la espectrometría de masas (MALDI-TOF) y microarrays, las cuales permiten acortar tiempos diagnósticos y optimizar la toma de decisiones clínicas (41).

Mientras que en dichas regiones la incorporación rutinaria de métodos moleculares de alta precisión es más amplia, en Latinoamérica la implementación de plataformas moleculares permanece concentrada en centros de referencia con mayor soporte financiero. Según Iskandar et al, factores como déficit en capacitación profesional, infraestructura insuficiente, ausencia de estandarización, aunado a la fragmentación de los datos procedentes de distintos niveles del sistema de salud limitan la adopción homogénea de estas tecnologías de alta precisión, lo cual explica por qué, en nuestra revisión, los laboratorios latinoamericanos continúan recurriendo principalmente a técnicas fenotípicas como herramientas de detección inicial (42).

En relación con el impacto de la pandemia de COVID-19, la introducción anticipaba un incremento en la resistencia antimicrobiana. Los resultados confirmaron esta tendencia, demostrando una marcada predominancia de *Klebsiella pneumoniae* y la prevalencia de enzimas KPC y NDM, frecuentemente en copresencia. De manera concordante, Mayta Barrios publicó un artículo en 2025 donde refiere un incremento en el procesamiento de muestras y en el empleo de PCR multiplex para la confirmación de genes de carbapenemasas entre 2020 y 2022 en Perú, lo que sugiere un fortalecimiento progresivo de la vigilancia molecular en determinados centros. Esto respalda la interpretación de que la región se encuentra en una transición hacia métodos más rápidos y específicos. No obstante, aún persisten limitaciones relacionadas con recursos y disponibilidad tecnológica, lo que explica la variabilidad observada entre los estudios incluso después de la pandemia (43).

Asimismo, la procedencia de las publicaciones refleja la preponderancia de la lengua hispana en la difusión del conocimiento científico relacionado al tema de investigación.

Del mismo modo, solo seis países de Latinoamérica estuvieron representados, lo que limita la extrapolación regional de los hallazgos.

Adicionalmente, solo 5 de los 21 estudios reportaron datos de sensibilidad y especificidad, señalando una debilidad crítica en la validación local, puesto que se emplean pruebas con fines de vigilancia epidemiológica sin documentar de manera sistemática su rendimiento diagnóstico en condiciones reales. Esto confronta

directamente la necesidad expuesta anteriormente de contar con métodos eficaces para la toma de decisiones.

Como fortaleza principal, esta revisión constituye uno de los primeros mapeos sistemáticos centrados exclusivamente en Latinoamérica que integra el periodo pandemia y postpandemia (2020–2025), permitiendo analizar cómo la crisis sanitaria impactó la dinámica diagnóstica de carbapenemasas.

Además, proporciona una síntesis estructurada que evidencia la heterogeneidad regional y documenta la distribución real de métodos empleados en diferentes contextos hospitalarios, ofreciendo una línea base actualizada para futuras decisiones en políticas de salud pública y fortalecimiento de la vigilancia microbiológica.

El resultado principal de esta revisión es la confirmación de una brecha tecnológica y de estandarización en la detección de carbapenemasas en Latinoamérica, caracterizada por una alta dependencia de métodos fenotípicos manuales y una implementación desigual de técnicas moleculares e inmunocromatográficas (41, 43).

Desde una perspectiva práctica, la continua dependencia de métodos fenotípicos que requieren incubación prolongada (18-24 horas) implica un retraso en la terapia dirigida, lo cual favorece el uso empírico de antibióticos y perpetúa la resistencia. Desde un enfoque teórico, los resultados sugieren que el modelo de diagnóstico en la región sigue una lógica de adecuación a recursos limitados y no de una estrategia de adopción tecnológica.

En este contexto, resulta necesario que las futuras investigaciones no solo comparen métodos diagnósticos, sino que evalúen qué tan viables y costo-efectivos son en la práctica real de los laboratorios latinoamericanos. Asimismo, sería importante impulsar estudios multicéntricos que reflejen las condiciones reales de trabajo en distintos países de la región y avanzar progresivamente hacia una mayor estandarización de los procedimientos diagnósticos. Esto permitiría fortalecer la vigilancia microbiológica y reducir las brechas actuales en la detección de carbapenemasas.

VI. CONCLUSIONES

Se logró mapear la evidencia disponible sobre los métodos diagnósticos usados en Latinoamérica para la identificación de carbapenemasas en Enterobacterales a través de 21 estudios provenientes de seis países: Perú, Chile, Brasil, Paraguay, Colombia y Venezuela. Se identificó una marcada heterogeneidad diagnóstica caracterizada por el predominio de pruebas fenotípicas frente a técnicas moleculares e inmunocromatográficas.

En relación con los métodos fenotípicos, se evidenció que la prueba más frecuente fue sinergia de discos con EDTA y AFB, consolidándose con un porcentaje de 23.53%. Estos métodos se mantienen como técnicas de cribado inicial debido a su accesibilidad y bajo costo. De los 21 estudios incluidos, tan solo 5 reportaron métricas de sensibilidad y especificidad en métodos fenotípicos. La especie bacteriana productora de carbapenemasas en Enterobacterales que predominó fue *Klebsiella pneumoniae*, seguida de *Escherichia coli* y *Enterobacter cloacae*, predominando los aislamientos provenientes de orina, sangre y secreciones. Por último, el país de estudio que más se reportó fue Perú (n=11).

Se evidenció métodos moleculares, el más empleado fue PCR convencional con el 60%, como método confirmatorio y para detectar el gen de carbapenemasa. De los 21 estudios incluidos, tan solo 1 reportó sensibilidad y especificidad en métodos moleculares. La especie bacteriana productora de carbapenemasas que predominó fue *Klebsiella pneumoniae*, seguida de *Escherichia coli* y *Enterobacter cloacae*. Las clases de carbapenemasa que destacaron fueron KPC y NDM; KPC, MBL y OXA-48. Los genes de carbapenemasas que tuvieron mayor presencia, fueron

*bla*_{KPC}, *bla*_{NDM} y *bla*_{OXA-48}. Con respecto al origen clínico de la muestra donde se hallaron las CPE, principalmente fueron en orina, herida y sangre. Por último, los países de estudio en los que predominaron los genes *bla*_{KPC} y *bla*_{NDM} fueron Perú y Brasil.

Se evidenció un método inmunocromatográfico, siendo la inmunocromatografía rápida (Lateral flow) la prueba más utilizada en los 4 artículos que mencionan usar esta metodología. De los 21 estudios incluidos, los 4 que mencionan métodos inmunocromatográficos reportaron sensibilidad y especificidad. La especie bacteriana productora de carbapenemasas que predominó fue *Klebsiella pneumoniae*, seguida de *Escherichia coli* y *Klebsiella oxytoca*. Con respecto al origen clínico de la muestra donde se hallaron las CPE, principalmente fueron en orina, herida y sangre. Por último, los países de estudio que reportaron esta metodología fueron Perú, Colombia y Chile.

La operatividad diaria de los laboratorios clínicos sigue anclada en métodos fenotípicos laboriosos, lo que subraya la urgencia de políticas de inversión en diagnóstico rápido alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3.

LIMITACIONES

Una de las principales limitaciones de esta revisión es la marcada inconsistencia en el reporte de los indicadores de desempeño diagnóstico. Asimismo, debido a la naturaleza metodológica de un scoping review, este estudio no fue diseñado para evaluar ni comparar la exactitud diagnóstica, por lo que los pocos datos de sensibilidad y especificidad sumado a la naturaleza del scoping review impiden realizar comparaciones formales entre métodos diagnósticos. Además, cabe resaltar que existe un sesgo de representatividad geográfica, con una predominancia de estudios realizados en Perú (57.14%), lo que podría subestimar la diversidad de variantes enzimáticas y prácticas diagnósticas presentes en otros países de Latinoamérica con menor visibilidad en bases de datos indexadas.

Por otro lado, la metodología empleada en el presente estudio es una limitante ya que la información analizada depende de lo reportado en la literatura disponible y no necesariamente refleja la totalidad de las prácticas rutinarias implementadas en cada laboratorio. Adicionalmente, el uso de algoritmos de búsqueda y filtros propios de cada base de datos puede haber condicionado la recuperación de la evidencia, ya que algunos artículos relevantes podrían no haber sido incluidos si no fueron correctamente indexados o filtrados por el sistema de la base de datos, a pesar de su pertinencia temática. Asimismo, la ausencia de estudios provenientes de Argentina, país con reconocida producción científica en resistencia a carbapenémicos, no refleja una falta de evidencia, sino una limitación derivada de los criterios metodológicos establecidos. La revisión se centró exclusivamente en estudios que describen los métodos diagnósticos empleados en Latinoamérica, lo que excluyó investigaciones predominantemente orientadas a vigilancia

epidemiológica o reportes de brotes como el caso de Argentina. Finalmente, se aplicó un criterio de tiempo en los últimos cinco años, con el propósito de garantizar la actualización tecnológica de los métodos evaluados, lo que también contribuyó a restringir la inclusión de algunos estudios relevantes desarrollados en Argentina (44).

RECOMENDACIONES

Los hallazgos de la presente revisión sugieren la importancia de fortalecer la vigilancia de cepas de *Klebsiella pneumoniae*, debido a su alta frecuencia de resistencia a carbapenémicos y su impacto clínico-epidemiológico. Asimismo, se evidencia la necesidad de continuar investigando los mecanismos de doble resistencia, así como de promover estudios multicéntricos que integren información de redes hospitalarias en distintos países latinoamericanos, con el fin de obtener un panorama más representativo de la circulación de carbapenemasas y del desempeño de los métodos diagnósticos en diversos contextos. A partir de estos resultados, los resultados hacen posible contemplar la conveniencia de aumentar paulatinamente el acceso a ensayos moleculares y de aplicar una implementación gradual de métodos diagnósticos, poniendo en primer lugar las técnicas de flujo lateral en zonas críticas como unidades de cuidados intensivos y servicios de emergencia para facilitar la toma oportuna de decisiones clínicas. Por otro lado, los métodos fenotípicos podrían seguir utilizándose como soporte para el monitoreo rutinario.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Murray C, Ikuta K, Sharara F, et al. Carga mundial de resistencia bacteriana a los antimicrobianos en 2019: un análisis sistemático. Lancet [Internet]. 2022 [citado 25 de octubre del 2025];399(10325):629–55. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(2021\)2902724-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(2021)2902724-0/fulltext)
2. Organización Mundial de la Salud (OMS). Resistencia a los antimicrobianos. WHO [Internet]. 2021 [citado 25 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
3. O'Neill J. Abordar las infecciones resistentes a los medicamentos a nivel mundial: informe final y recomendaciones. The Review on Antimicrobial Resistance [Internet]. 2016 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en: https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf
4. The Lancet. Resistencia a los antimicrobianos: una agenda para todos. The Lancet [Internet]. 2024 [citado 25 de octubre del 2025];403(10442):2349. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(24\)01076-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(24)01076-6/fulltext)
5. Bertagnolio S, Dobrev Z, Centner C, et al. Prioridades mundiales de investigación de la OMS sobre la resistencia a los antimicrobianos en la salud humana. The Lancet Microbe [Internet]. 2024 [citado 25 de octubre del 2025];5(11). Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247\(2024\)2900134-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(2024)2900134-4/fulltext)
6. Tilahun M, Kassa Y, Gedefie A, et al. Infección emergente por enterobacterias resistentes a carbapenémicos, su epidemiología y nuevas opciones de tratamiento: Una revisión. Infect Drug Resist [Internet].

- 2021 [citado 25 de octubre del 2025]; 14:4363-4374. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34707380/>
7. Lee Y, Chen H, Hii I, et al. Infecciones por Enterobacterales productores de carbapenemasas: Avances recientes en diagnóstico y tratamiento. Int J Antimicrob Agents [Internet]. 2022 [citado 25 de octubre del 2025];59(2):106528. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35063651/>
 8. Paniagua M, Bravo J, Perez S, et al. Mortalidad atribuible a infecciones causadas por Enterobacterales resistentes a los carbapenémicos: resultados de un estudio prospectivo multinacional de cohortes emparejadas de casos y controles (EURECA). Clin Microbiol Infect [Internet]. 2024 [citado 25 de octubre del 2025];30(2):223–30. Disponible en: <https://www.clinicalmicrobiologyandinfection.org/article/S1198-743X%2823%2900566-9/fulltext>
 9. Aguilar E, Marin M, Campo L, et al. Identificación de ST147 pandémico, β -lactamasas tipo BLEE, carbapenemasas y factores de virulencia en *Klebsiella pneumoniae* aislada del sur del Perú. Sci Rep [Internet]. 2025 [citado 25 de octubre del 2025];15(14870). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12037762/>
 10. García J, Appel T, Esparza G, et al. Actualización sobre la epidemiología de las carbapenemasas en América Latina y el Caribe. Expert Rev Anti Infect Ther [Internet]. 2021 [citado 25 de octubre del 2025];19(2):197–213. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32813566/>
 11. Angles E, Huaranga J, Sacsquispe R, et al. Panorama de las carbapenemasas en Perú. Rev Panam Salud Publica [Internet]. 2020 [citado 25 de octubre del 2025];44,e61. Disponible en: <https://iris.paho.org/items/d8888628-efeb-4a7f-9ffb-b5b5fdf60825>
 12. Mayta M, Ramírez J, Pampa L, et al. Caracterización molecular de las carbapenemasas en Perú durante 2019. Rev Peru Med Exp Salud Publica

- [Internet]. 2021 [citado 25 de octubre del 2025];38(1). Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/5882>
13. Dirección General de Epidemiología (DGE). Riesgo de infecciones asociadas a la atención de la salud causadas por Enterobacterales, *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter spp.* coproductoras de carbapenemasas en el Perú. Ministerio de Salud [Internet]. 2022 [citado 25 de octubre del 2025]. Disponible en: https://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/2022/SE022_022/04.pdf
14. Romero G, Corso A, Pasterán F, et al. Aumento de la detección de bacterias Enterobacterales productoras de carbapenemasas en América Latina y el Caribe durante la pandemia de COVID-19. *Emerg Infect Dis* [Internet]. 2022 [citado 25 de octubre del 2025];28(11):e220415. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9622262/>
15. Pancotto L, Nodari C, Pedrotti F, et al. Rendimiento de pruebas rápidas para la detección de carbapenemasas entre aislamientos de Enterobacteriaceae brasileños. *Brazilian J Microbiol* [Internet]. 2018 [citado 25 de octubre del 2025];49(4):914–8. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6175730/>
16. De Abreu Z, Veras A, Mesquita I, et al. Detección de carbapenemasas en Enterobacterales durante la pandemia de COVID-19 en un hospital de referencia en enfermedades infecciosas en Ceará. *Brazilian J Infect Dis* [Internet]. 2023 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/#!/content/playContent/1-s2.0-S1413867023000971?returnurl=https:%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1413867023000971%3Fshowall%3Dtrue&referrer=>
17. Diaz R, Guerrero M, Carrilo R, et al. Detección de *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasa en un hospital del norte del Perú. *Rev Cuerpo Méd Hosp Nac Almanzor Aguinaga Asenjo* [Internet]. 2020 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rcmhnaaa/v13n3/2227-4731-rcmhnaaa-13-03-303.pdf>

18. Cuicapuza D, Loyola S, Velasquez J, et al. Caracterización molecular de Enterobacterales productores de carbapenemasas en un hospital terciario de Lima, Perú. Microbiol Spectr [Internet]. 2024 [citado 25 de octubre del 2025]; 12:e02503-23. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/spectrum.02503-23>
19. Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación (IETSI). Validez diagnóstica de la prueba inmunocromatográfica para la detección de carbapenemasas (KPC, IMP, NDM, VIM y OXA-48) en pacientes con sospecha de infección por bacterias productoras de carbapenemasas. Repositorio del Seguro Social de Salud (EsSalud) [Internet]. 2024 [citado 25 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://repositorio.essalud.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12959/5196/Dictamen-N°-017-DETS-IETSI-2024.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. Ministerio de Salud (Perú). Resolución Ministerial N.º 424 2025/MINSA. Disponer la difusión e implementación de las “Líneas Nacionales de Investigación en Salud al 2030”. Ministerio de Salud [Internet]; 2025 [citado 25 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8272646/6902922-resolucion-ministerial-n-424-2025-minsa.pdf?v=1750946669>
21. Instituto Nacional de Estadística (INE). Indicadores de la Agenda 2030 – Objetivo 3: Indicador 3.d.1. Capacidad prevista en el Reglamento Sanitario Internacional (RSI) y preparación para emergencias de salud. INE [Internet]. 2016 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/ODS/es/indicador.htm?id=4961#_gs329
22. Instituto Nacional de Estadística (INE). Indicadores de la Agenda 2030 – Objetivo 3: Indicador 3.d.2. Porcentaje de infecciones del torrente sanguíneo debidas a determinados organismos resistentes a los antimicrobianos seleccionados. INE [Internet]. 2016 [citado 25 de

octubre del 2025]; Disponible en:
https://www.ine.es/dyngs/ODS/es/indicador.htm?id=7739#_gs585

23. Peters M, Godfrey C, McInerney P, et al. Manual del revisor del Instituto Joanna Briggs 2015: Metodología para las revisiones de alcance del JBI [Internet]. Adelaide, SA Australia: The Joanna Briggs Institute; 2015.
24. p. Disponible en:
<https://repositorio.usp.br/directbitstream/5e8cac53-d709-4797-971f-263153570eb5/SOARES%2C+C+B+doc+150.pdf>
24. Ortiz T. Caracterización fenotípica y genotípica de cepas de *Klebsiella pneumoniae* productoras de carbapenemasas aisladas de muestras clínicas provenientes de Centros de Salud durante el 2018 al 2022. Repos UPCH [Internet]. 2022 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en:
https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11676/Caracterizacion_OrtizGomez_Tamin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. Riveros M, Yupanqui G, Ruiz J, et al. Caracterización genotípica de Carbapenemasas de *Escherichia coli* provenientes de pacientes Covid-19 en el Hospital Nacional Hipólito Unanue durante el 2021. Repos Inst UNFV [Internet]. 2022 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.13084/8636>
26. Sánchez M, Josa D. Detección rápida de Enterobacterias productoras de carbapenemasas en hisopados rectales de pacientes neonatos colonizados. Infectio [Internet]. 2020 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://doi.org/10.22354/in.v25i2.925>
27. Melgarejo N, Busignani S, Dunjo P, et al. Primer reporte de Enterobacteriales dobles productores de carbapenemasas en hospitales de Paraguay. Año 2021. Memorias del Inst Investig en Ciencias la Salud [Internet]. 2021 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2021.019.03.35>
28. Melgarejo N, Martínez M, Brítez C, et al. Caracterización fenotípica y genotípica de carbapenemasas producidas por patógenos bacterianos gramnegativos aislados en hospitales de Paraguay (2022). Rev del Nac

- [Internet]. 2025 [citado 25 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://www.revistadelnacional.com.py/index.php/inicio/article/view/246>
29. Araya I, Roach F, Tapia T, et al. Caracterización fenotípica y molecular de cepas de *Klebsiella pneumoniae* productores de carbapenemasas tipo OXA-48 circulantes en Chile. Rev Chil Infectol. 2022 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182022000500551
30. Requena D, Vásquez Y, Gil A, et al. Detección fenotípica y genotípica de la producción de carbapenemasas tipo NDM-1 y KPC en enterobacterias aisladas en un laboratorio clínico en Maracay, Venezuela. Rev Chil Infectol [Internet]. 2021;38(2) [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-10182021000200197&script=sci_arttext
31. Firmo E, Bispo E, Ferreira F, et al. Asociación de *bla*_{NDM-1} con *bla*_{KPC-2} y genes de enzimas modificadoras de aminoglucósidos entre aislamientos clínicos de *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* y *Serratia marcescens* en Brasil. Resist Antimicrob J Glob [Internet]. 2020 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31505299/>
32. Freire M, Oliveira D, Garcia S, et al. Rendimiento de dos métodos de vigilancia de Enterobacterales resistentes a carbapenémicos en una sala de trasplante renal: cultivo selectivo y PCR en tiempo real directamente de hisopos rectales. Infection [Internet]. 2022 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s15010-022-01839-2>
33. Vivas R, Santana S, Teixeira A, et al. Prevalencia de *Klebsiella pneumoniae* carbapenemasa y *K. pneumoniae* metalo-beta-lactamasa de Nueva Delhi positiva en Sergipe, Brasil, y terapia combinada como posible opción de tratamiento. Rev Soc Bras Med Trop [Internet]. 2020

- [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32401864/>
34. Caparachin M, Mallqui J. Identificación de genes: betalactamasas de espectro extendido (Tem y Shv) y carbapenemasas (Ndm Y Kpc), en cepas de *Klebsiella pneumoniae* en un hospital de nivel IV de Lima Metropolitana, Perú. Repos UNMSM [Internet]. 2020 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/14129>
35. González Y, Huayán G, Zavaleta D, et al. Detección de genes de resistencia a carbapenémicos en *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, aislados de un centro de salud de Trujillo, Perú. Repos UNMSM [Internet]. 2022 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/3512/4230>
36. Herrera A, Vallejos Y. Frecuencia bacteriana y patrón de resistencia a antimicrobianos (fenotipo y genotipo) en muestras de nasofaringe y manos en pacientes de UCI en el Hospital Nacional Dos de Mayo en abril 2018. Univ Cient del Sur. 2020 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1582>
37. Lovera M. Detección de Carbapenemasas tipo *bla_{NDM}* en *Klebsiella pneumoniae* aisladas en muestras de hisopados rectales en un hospital nacional, nivel IV. Lima, Perú. Repos UNMSM [Internet]. 2022 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18672>
38. Marcos P, Yareta J, Liñan C, et al. Elevada presencia de enterobacterias con genes de resistencia antimicrobiana en pacientes diagnosticados de COVID-19 en hospitales públicos del Perú. Acta Médica Peru [Internet]. 2025 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://doi.org/10.35663/amp.2025.421.3408>

39. Saavedra S, Bernal J, Montilla E, et al. La complejidad de la epidemiología genómica de los aislamientos de *Klebsiella pneumoniae* resistentes a carbapenémicos en Colombia insta al refuerzo de los programas de vigilancia basados en la secuenciación del genoma completo. Clin Infect Dis [Internet]. 2021 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34850835/>
40. García D, Cabanillas L, De la Cruz M. Producción y coproducción de carbapenemasas en Enterobacterales aislados de pacientes de un hospital peruano atendidos durante la pandemia de COVID-19. Repos la Univ Autónoma del Perú [Internet]. 2025 [citado 26 de octubre del 2025]; Disponible en: https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/full-papers/Contribution_883_a.pdf
41. Nordmann P, Poirel L. Epidemiología y diagnóstico de la resistencia a los carbapenémicos en bacterias gramnegativas. Clin Infect Dis [Internet]. 2019 [citado 26 de octubre del 2025];69(7):521–8. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6853758/>
42. Iskandar K, Molinier L, Hallit S, et al. Vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos en países de ingresos bajos y medios: un panorama disperso. Antimicrob Resist Infect Control [Internet]. 2021 [citado 26 de octubre del 2025];10(1):63. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33789754/>
43. Mayta M, Ramirez J, Pacori J, et al. Detección molecular de carbapenemasas en microorganismos críticos desde el inicio de la pandemia de COVID-19 en Perú. JAC Antimicrob Resist [Internet]. 2025 [citado 25 de octubre del 2025];5(7):6. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12596109/>
44. Vargas J, Moreno M, López C, et al. Impacto de un programa de vigilancia activa y medidas de control de infecciones sobre la incidencia de bacilos gram negativos resistentes a carbapenems en una unidad de cuidados intensivos. Revista Argentina de Microbiología [Internet]. 2021 [citado 28 de marzo del 2026] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754121000511>

VIII. TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama de flujo Prisma ScR



FIGURA 2: Métodos diagnósticos utilizados en cada país latinoamericano

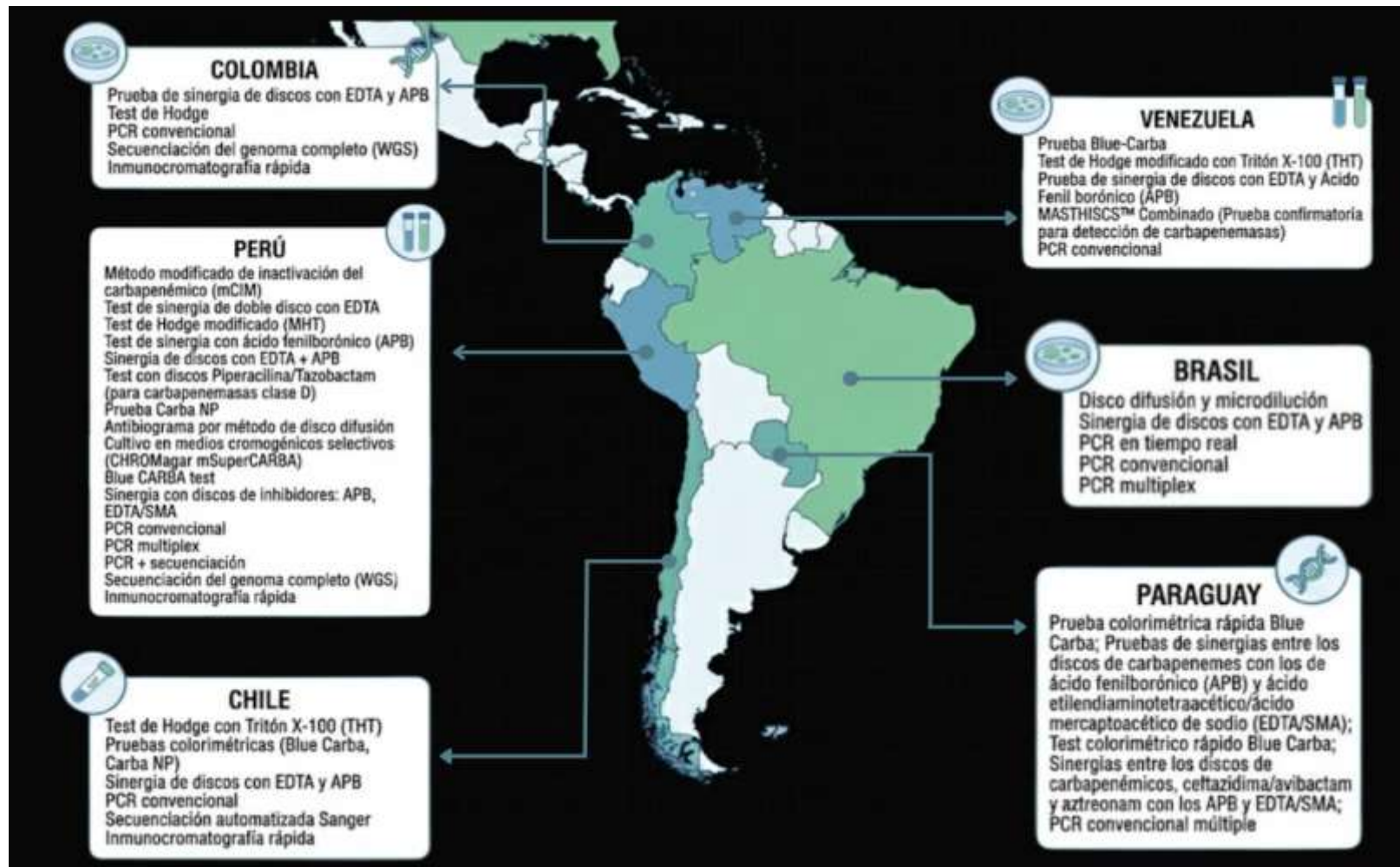


TABLA 1: Tabla de extracción y síntesis de datos

Nº	Base de datos	de Primer autor	Año de publicación	País de origen región	Diseño de estudio: Observacional o Experimental	Indique sub-diseño	Método empleado
1	EBSCOhost	Freire, et al.	2022	Brasil	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Molecular
2	Lilacs	Araya, et al.	2022	Chile	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular M. Inmunocromatográfico
3	Lilacs	Díaz, et al.	2020	Perú	Observacional	Serie de casos	M. Fenotípico M. Inmunocromatográfico
4	Lilacs	Sánchez, et al.	2021	Colombia	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Inmunocromatográfico
5	Lilacs	Melgarejo, et al.	2021	Paraguay	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
6	PubMed	Firmo, et al.	2020	Brasil	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Molecular
7	PubMed	Cuicapuza, et al.	2024	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
8	PubMed	Aguilar, et al.	2025	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular

9	PubMed	Saavedra, et al.	2021	Colombia	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Molecular
10	PubMed	Vivas, et al.	2020	Brasil	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Molecular
11	SciELO	Melgarejo, et al.	2025	Paraguay	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
12	SciELO	Mayta, et al.	2021	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
13	SciELO	Requena, et al.	2021	Venezuela	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
14	Google Scholar	Lovera, et al.	2022	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
15	Google Scholar	Gonzales, et al.	2020	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
16	ALICIA	Ortíz, et al.	2022	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
17	ALICIA	Riveros, et al.	2022	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
18	ALICIA	Marcos, et al.	2025	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
19	ALICIA	Herrera, et al.	2020	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular

20	ALICIA	Caparachin, et al.	2020	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Fenotípico M. Molecular
21	ALICIA	García, et al.	2024	Perú	Observacional	Descriptivo y de corte transversal	M. Inmunocromatográfico

ANEXOS

ANEXO 1: Carta de aprobación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH)

CAR-DUARI-O-527-25
Lima, 15 de Octubre del 2025

Señor(a) investigador(es)
RIVERA GALINDO ANDREA BRIGITTE
SEGOVIA ANCAJIMA ANA CAROLINA
SEMINARIO ANASTACIO MIRIAN ALEXANDRA
Presente.

Es grato dirigirme a usted para expresarle un cordial saludo y a la vez informarle que hemos recibido el proyecto de investigación titulado: **"MÉTODOS DIAGNÓSTICOS USADOS EN LATINOAMÉRICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CARBAPENEMASAS EN ENTEROBACTERIALES: UNA REVISIÓN DE ALCANCE" SIDISI 219388**, el cual ha sido revisado y registrado en la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia debido a que por sus características no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Investigación en Humanos ni por el Comité Institucional de Ética para Uso de Animales.

Este proyecto puede iniciar su ejecución. Los cambios o enmiendas al protocolo presentado solo deben ejecutarse luego de una nueva evaluación y autorización por esta dirección. Adicionalmente, agradecemos tenga a bien presentar el informe de cierre del proyecto al concluir la ejecución de este.



Atentamente,



Dra. Cinthia Hurtado Esquén
Directora
Dirección Universitaria de Asuntos
Regulatorios de la Investigación

ANEXO 2: Tabla de algoritmos de búsqueda

Base de datos	de Algoritmo	Resultado inicial por algoritmo	N° por encontrados total por base	artículos en
Cochrane Library	((carbapenemase* OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP):ti,ab,kw AND (Enterobacterales OR Enterobacteriaceae OR Klebsiella OR Escherichia OR Enterobacter OR Serratia):ti,ab,kw AND (Latin America OR South America OR Central America OR Caribbean OR Argentina OR Bolivia OR Brazil OR Chile OR Colombia OR Costa Rica OR Cuba OR Dominican Republic OR Ecuador OR El Salvador OR Guatemala OR Honduras OR Mexico OR Nicaragua OR Panama OR Paraguay OR Peru OR Uruguay OR Venezuela):ti,ab,kw) AND ((molecular OR phenotypic OR immunochromatographic OR "lateral flow"):ti,ab,kw OR (carbapenemase* OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP):ti,ab,kw)		45	10
	((carbapenemase* OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP):ti,ab,kw AND (molecular OR phenotypic OR immunochromatographic OR "lateral flow"):ti,ab,kw AND (Enterobacterales OR Enterobacteriaceae OR Klebsiella OR Escherichia OR Enterobacter OR Serratia):ti,ab,kw) OR ((carbapenemase* OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP):ti,ab,kw AND			17

(molecular OR phenotypic OR immunochromatographic OR "lateral flow"):ti,ab,kw
AND

(Latin America OR South America OR Central America OR Caribbean OR Argentina OR
Bolivia OR Brazil OR Chile OR Colombia OR Costa Rica OR Cuba OR Dominican
Republic OR Ecuador OR El Salvador OR Guatemala OR Honduras OR Mexico OR
Nicaragua OR Panama OR Paraguay OR Peru OR Uruguay OR Venezuela):ti,ab,kw)

((((carbapenemase OR carbapenemases OR carbapenemasa OR carbapenemasas OR
"carbapenem resistance" OR "resistencia a carbapenémicos"):ti,ab,kw) AND
((diagnóstico OR diagnostico OR diagnóstico* OR "diagnóstico molecular" OR
"diagnóstico fenotípico" OR "métodos diagnósticos" OR "pruebas de laboratorio" OR
"diagnóstico rápido" OR PCR OR "reacción en cadena de la polimerasa" OR
secuenciación OR "Carba NP" OR "Blue-Carba" OR CIM OR "prueba de Hodge" OR
fenotípico OR immunochromatographic OR "lateral flow" OR "diagnostic test" OR "rapid
test"):ti,ab,kw) AND ((Enterobacterales OR Enterobacteriaceae OR Klebsiella OR
Escherichia OR Enterobacter OR Serratia):ti,ab,kw)) OR (((carbapenemase OR
carbapenemases OR carbapenemasa OR carbapenemasas OR "carbapenem resistance" OR
"resistencia a carbapenémicos"):ti,ab,kw) AND ((diagnóstico OR diagnostico OR
diagnóstico* OR "diagnóstico molecular" OR "diagnóstico fenotípico" OR "métodos
diagnósticos" OR "pruebas de laboratorio" OR "diagnóstico rápido" OR PCR OR
"reacción en cadena de la polimerasa" OR secuenciación OR "Carba NP" OR "Blue-
Carba" OR CIM OR "prueba de Hodge" OR fenotípico OR immunochromatographic OR
"lateral flow" OR "diagnostic test" OR "rapid test"):ti,ab,kw) AND ((Latin America OR
South America OR Central America OR Caribbean OR Argentina OR Bolivia OR Brazil
OR Chile OR Colombia OR Costa Rica OR Cuba OR "Dominican Republic" OR Ecuador
OR "El Salvador" OR Guatemala OR Honduras OR Mexico OR Nicaragua OR Panama
OR Paraguay OR Peru OR Uruguay OR Venezuela):ti,ab,kw))

	(TX (carbapenemase OR carbapenemases OR carbapenemasa OR carbapenemasas OR "resistencia a carbapenémicos" OR "carbapenem resistance" OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP)) AND (TX (diagnóstico OR diagnostico OR diagnóstico* OR "diagnóstico molecular" OR "diagnóstico fenotípico" OR "métodos diagnósticos" OR "pruebas de laboratorio" OR "diagnóstico rápido" OR PCR OR "reacción en cadena de la polimerasa" OR secuenciación OR "Carba NP" OR "Blue-Carba" OR CIM OR "prueba de Hodge" OR fenotípico OR immunochromatographic OR "lateral flow" OR "rapid test")) AND		
EBSCOhost	(TX (Enterobacterales OR Enterobacteriaceae OR enterobacterias OR "Escherichia coli" OR "Klebsiella pneumoniae" OR Enterobacter OR Serratia)) AND (TX (Latin America OR "South America" OR "Central America" OR "América Latina" OR latinoamérica OR sudamérica OR centroamérica OR Argentina OR Bolivia OR Brasil OR Brazil OR Chile OR Colombia OR Costa Rica OR Cuba OR Ecuador OR El Salvador OR Guatemala OR Honduras OR México OR Mexico OR Nicaragua OR Panamá OR Panama OR Paraguay OR Perú OR Peru OR Puerto Rico OR República Dominicana OR Uruguay OR Venezuela)) AND (TX ("systematic review" OR "meta-analysis" OR "observational study" OR "descriptive study" OR "analytical study"))	1072	1072
Lilacs	("carbapenemasas" OR "carbapenemases") AND ("resistencia antimicrobiana" OR "resistencia bacteriana" OR "antimicrobial resistance") AND ("Enterobacterales" OR "Enterobacteriaceae") AND ("métodos diagnósticos" OR "detección" OR "PCR" OR "molecular" OR "fenotípico" OR "inmunocromatográfico")	31	116

	("carbapenemasa" OR "carbapenemasas") AND ("Enterobacterales" OR "Klebsiella" OR "Escherichia" OR "Enterobacter") AND ("diagnóstico" OR "métodos diagnósticos" OR "detección de resistencia" OR "caracterización molecular" OR "PCR" OR "método fenotípico" OR "método molecular")	46	
	("Carbapenemases" OR "Carbapenemasa" OR "Carbapenemasas") AND ("Antimicrobial Resistance" OR "Drug Resistance, Bacterial" OR "Resistencia Antimicrobiana" OR "Resistencia a los Antibióticos") AND ("Enterobacterales" OR "Enterobacteriaceae" OR "Klebsiella" OR "Escherichia" OR "Enterobacter" OR "Serratia" OR "Citrobacter") AND ("Diagnostic Techniques and Procedures" OR "Diagnostic Methods" OR "Métodos Diagnósticos" OR "Detección" OR "Método Fenotípico" OR "Método Molecular" OR "PCR" OR "Inmunocromatográfico")	39	
PubMed	((("Carbapenemases"[Title/Abstract] OR "Carbapenemase"[MeSH Terms]) AND ("Enterobacterales"[Title/Abstract] OR "Enterobacteriaceae"[MeSH Terms]) AND ("Diagnostic methods"[Title/Abstract] OR "Diagnosis"[MeSH Terms] OR "Detection methods"[Title/Abstract] OR "Laboratory techniques and procedures"[MeSH Terms]) AND ("Latin America"[MeSH Terms] OR "South America"[MeSH Terms] OR "Central America"[MeSH Terms] OR "Mexico"[MeSH Terms] OR "Brazil"[MeSH Terms] OR "Colombia"[MeSH Terms] OR "Argentina"[MeSH Terms] OR "Peru"[MeSH Terms] OR "Chile"[MeSH Terms])) AND ("2010"[Date - Publication] : "2025"[Date - Publication]) AND (english[lang] OR spanish[lang] OR portuguese[lang]) AND (Review[ptyp] OR "scoping review"[Title/Abstract])	72	114
	(("Carbapenemases"[Mesh] OR carbapenemase* OR "carbapenem-resistant" OR "carbapenem-hydrolyzing enzyme*" OR "KPC" OR "NDM" OR "OXA-48" OR "VIM" OR "IMP") AND ("Enterobacteriaceae"[Mesh] OR Enterobacterales OR Klebsiella OR	42	

Escherichia OR Enterobacter OR Serratia OR Proteus) AND (("Diagnostic Techniques and Procedures"[Mesh] OR diagnostic* OR detection OR identification OR assay OR test OR screening OR "phenotypic method*" OR "molecular method*" OR PCR OR "LAMP" OR "Carba NP" OR "immunochromatographic test")) AND ("Latin America"[Mesh] OR "South America"[Mesh] OR "Central America"[Mesh] OR "Caribbean Region" OR "developing countries" OR Argentina OR Brazil OR Chile OR Colombia OR Peru OR Mexico OR Paraguay OR Uruguay OR Bolivia OR Ecuador OR Venezuela OR Guatemala OR Honduras OR Costa Rica OR Cuba OR Panama OR Nicaragua OR El Salvador OR Dominican Republic) AND (("Observational Study"[Publication Type] OR "Cross-Sectional Studies"[Mesh] OR "Cohort Studies"[Mesh] OR "Case-Control Studies"[Mesh] OR "Analytical study"[Title/Abstract] OR "Descriptive study"[Title/Abstract] OR "Systematic Review"[Publication Type] OR "Meta-Analysis"[Publication Type] OR "thesis"[Title/Abstract])) NOT ("editorial"[Publication Type] OR "letter"[Publication Type] OR "comment"[Publication Type] OR "conference abstract"[Publication Type] OR "congress"[Publication Type] OR "meeting"[Publication Type] OR "case reports"[Publication Type] OR "in vitro"[Title/Abstract] OR "animal experiment*" [Title/Abstract]) NOT ("beta-lactamases"[Mesh] OR "Extended-Spectrum Beta-Lactamases" OR ESBL OR BLEE OR AmpC OR "non-carbapenemase resistance")) AND ("2020"[Date - Publication] : "2025"[Date - Publication]) AND (Humans[Mesh]) AND (english[lang] OR spanish[lang] OR portuguese[lang])

SciELO

(carbapenemase OR carbapenemases OR carbapenemasa OR carbapenemasas OR "resistencia a carbapenémicos" OR "carbapenem resistance") (diagnóstico OR diagnostico OR diagnóstico* OR diagnóstico molecular OR diagnóstico fenotípico OR "métodos diagnósticos" OR "pruebas de laboratorio" OR diagnóstico rápido OR PCR OR "reacción en cadena de la polimerasa" OR secuenciación OR "Carba NP" OR "Blue-Carba" OR CIM OR "prueba de Hodge" OR fenotípico) (Enterobacterales OR Enterobacteriaceae OR enterobacterias OR "Escherichia coli" OR "Klebsiella pneumoniae" OR Enterobacter)

98

	("carbapenemasa" OR "carbapenemasas" OR "carbapenemase" OR "carbapenemases") AND ("resistencia antimicrobiana" OR "antimicrobial resistance" OR "resistencia a los antibióticos") AND ("Enterobacterales" OR "Enterobacteriaceae" OR "Klebsiella" OR "Escherichia" 9 OR "Enterobacter" OR "Serratia" OR "Citrobacter") AND ("diagnóstico" OR "métodos diagnósticos" OR "diagnostic methods" OR "detección" OR "identificación bacteriana")		
	("carbapenemasa" OR "carbapenemasas" OR "KPC" OR "NDM" OR "VIM" OR "OXA- 48" OR "IMP") AND ("Enterobacterales" OR "Enterobacteriaceae") AND ("PCR" OR "detección molecular" OR "caracterización genética" OR 11 "secuenciación" OR "método molecular") AND ("resistencia antimicrobiana" OR "resistencia bacteriana" OR "antimicrobial resistance")		
Scopus	carbapenemase diagnosis methods	133	133
ALICIA	(carbapenemase OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP) AND ("molecular method" OR "método molecular" OR "phenotypic method" OR "método fenotípico" OR immunochromatographic OR inmunocromatográfico OR PCR) AND (Enterobacterales 26 OR Enterobacteriaceae OR Klebsiella OR Escherichia OR Enterobacter OR Serratia OR Citrobacter)		49
	("carbapenemasa" OR "carbapenemasas") AND ("Enterobacterales" OR "Klebsiella" OR "Escherichia") AND ("método molecular" OR "método fenotípico" OR "métodos 19 diagnósticos" OR "detección de resistencia" OR "PCR" OR "inmunocromatográfico")		

	carbapenemasas AND "resistencia antimicrobiana" AND ("enterobacterales" OR "enterobacterias") AND ("métodos diagnósticos" OR "detección" OR "PCR" OR "inmunocromatográfico" OR "fenotípico" OR "molecular")	
Google Scholar	(TX (carbapenemase OR carbapenemases OR carbapenemasa OR carbapenemasas OR "resistencia a carbapenémicos" OR "carbapenem resistance" OR KPC OR NDM OR VIM OR OXA-48 OR IMP)) AND (TX (diagnóstico OR diagnostico OR diagnóstico* OR "diagnóstico molecular" OR "diagnóstico fenotípico" OR "métodos diagnósticos" OR "pruebas de laboratorio" OR "diagnóstico rápido" OR PCR OR "reacción en cadena de la polimerasa" OR secuenciación OR "Carba NP" OR "Blue-Carba" OR CIM OR "prueba de Hodge" OR fenotípico OR immunochromatographic OR "lateral flow" OR "rapid test")) AND (TX (Enterobacterales OR Enterobacteriaceae OR enterobacterias OR "Escherichia coli" OR "Klebsiella pneumoniae" OR Enterobacter OR Serratia)) AND (TX (Latin America OR "South America" OR "Central America" OR "América Latina" OR latinoamérica OR sudamérica OR centroamérica OR Argentina OR Bolivia OR Brasil OR Brazil OR Chile OR Colombia OR Costa Rica OR Cuba OR Ecuador OR El Salvador OR Guatemala OR Honduras OR México OR Mexico OR Nicaragua OR Panamá OR Panama OR Paraguay OR Perú OR Peru OR Puerto Rico OR República Dominicana OR Uruguay OR Venezuela)) AND (TX ("systematic review" OR "meta-analysis" OR "observational study" OR "descriptive study" OR "analytical study")) NOT ("mass spectrometry" OR MALDI-TOF OR proteomic*) NOT (animal OR animals OR veterinary OR livestock OR swine OR cattle OR pig OR cow OR poultry OR chicken OR dog OR cat OR goat OR horse OR "animal model" OR "animal study" OR murine OR mice OR mouse OR rat OR rabbit OR in vivo OR zoo OR wildlife OR environmental OR wastewater)	2200 2200

ANEXO 3: Métodos fenotípicos usados en Latinoamérica

	AUTOR Y AÑO	PAÍS	MÉTODO FENOTÍPICO	DETECCIÓN DE CARBAPEN EMASA	DIFERENCIAC IÓN DE CARBAPENEM ASA	CLASE DE CARBAPENE MASA IDENTIFICAD A	SENSIBILIDA D	ESPECIFICID AD	ESPECI E BACTE RIANA	ORIGEN CLÍNICO DE LA MUESTRA
1	Lovera et. al. (2022)	Perú	Método modificado de inactivación del carbapenémico (mCIM)	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	>99%	>99%	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	Hisopos rectales
2	Lovera et. al. (2022)	Perú	Sinergia de doble disco con EDTA	Sí	Sí	MBL (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	Hisopos rectales
3	Gonzales et al. (2020)	Perú	Test de Hodge Modificado (MHT)	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>Escherich ia coli Klebsiella pneumoni ae</i>	Urocultivos
4	Gonzales et al. (2020)	Perú	Test de sinergia con ácido fenil borónico (APB)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Escherich ia coli Klebsiella pneumoni ae</i>	Urocultivos
5	Gonzales et al. (2020)	Perú	Test con discos de Piperaciclina/T azobactam (carbapenemasa s clase D)	Sí	Sí	OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Escherich ia coli Klebsiella pneumoni ae</i>	Urocultivos

6	Ortiz et al. (2022)	Perú	Carba NP	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Orina, sangre, secreciones, líquidos biológicos
7	Ortiz et al. (2022)	Perú	Sinergia de discos con EDTA/AFB	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Orina, sangre, secreciones, líquidos biológicos
8	Riveros et al. (2022)	Perú	Sinergia de discos con EDTA/AFB	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Escherichia coli</i>	Orina, sangre, secreciones bronquiales, heridas
9	Marcos et al (2025)	Perú	Cultivo en Medios Cromogénicos Selectivos (CHROMagarTM mSuperCARB A.)	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Providencia rettgeri</i> ,	Secreciones bronquiales

									<i>Klebsiella azaenae</i> .	
10	Caparachi n et al. (2020)	Perú	Método modificado de inactivación del carbapenémico (mCIM)	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	Hisopado rectal, orina, sangre. secreción de herida, tejido, secreción bronquial
11	Caparachi n et al. (2020)	Perú	Sinergia a Doble Disco con Ácido Fenilborónico (APB)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	Hisopado rectal, orina, sangre. secreción de herida, tejido, secreción bronquial
12	Caparachi n et al. (2020)	Perú	Sinergia a Doble Disco con EDTA- SMA	Sí	Sí	NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	Hisopado rectal, orina, sangre. secreción de herida, tejido, secreción bronquial aspirado endotraqueal,
13	Araya et al. (2022)	Chile	Test de Hodge con Tritón X- 100 (THT)	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	aspirado nasofaríngeo, sangre, orina, punta de catéter, secreción de herida, hueso.
14	Araya et al. (2022)	Chile	BLUE Carba	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	100%	100%	<i>Klebsiella pneumoni ae</i>	aspirado endotraqueal, aspirado

										nasofaríngeo, sangre, orina, punta de catéter, secreción de herida, hueso. aspirado endotraqueal, aspirado nasofaríngeo, sangre, orina, punta de catéter, secreción de herida, hueso. aspirado endotraqueal, aspirado
15	Araya et al. (2022)	Chile	Carba NP	Sí	No	No identifica la clase de carbapenemasa	100%	100%	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	nasofaríngeo, sangre, orina, punta de catéter, secreción de herida, hueso. aspirado endotraqueal, aspirado
16	Araya et al. (2022)	Chile	Sinergia de discos con EDTA/AFB	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	nasofaríngeo, sangre, orina, punta de catéter, secreción de herida, hueso. aspirado endotraqueal, aspirado
17	Cuicapuz a et al. (2024)	Perú	Sinergia de discos con EDTA/AFB	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella quasipneumoniae</i> , <i>Klebsiella aerogene</i> s, <i>Escherich</i>	sangre, orina y otras muestras biológicas de pacientes hospitalizados y ambulatorios

27	Melgarejo et al. (2025)	Paraguay	BLUE Carba	Sí	No	No identifica clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>cter cloacae complex, entre otros. Klebsiella pneumoniae el microorganismo prevalente, seguido de Enterobacter cloacae complex y Escherichia coli, entre otros. Klebsiella pneumoniae el microorganismo prevalente, seguido de</i>	orina (45 %), muestras respiratorias (21 %), sangre (15 %), secreciones purulentas (10 %), entre otros.
28	Melgarejo et al. (2025)	Paraguay	Sinergia de discos con ceftazidima/avibactam y aztreonam con los de AFB y EDTA/SMA	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>cter cloacae complex y Escherichia coli, entre otros. Klebsiella pneumoniae el microorganismo prevalente, seguido de</i>	orina (45 %), muestras respiratorias (21 %), sangre (15 %), secreciones purulentas (10 %), entre otros.

29	Mayta et al. (2021)	Perú	BLUE Carba	Sí	No	No identifica clase de carbapenemasa	No especificado	No especificado	<i>Enterobacter cloacae</i> complex y <i>Escherichia coli</i> , entre otros. <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Cepas procedentes de hospitales
30	Mayta et al. (2021)	Perú	Sinergia de discos con AFB y EDTA/ SMA	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>Escherichia coli</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Cepas procedentes de hospitales
31	Requena et al. (2021)	Venezuela	BLUE Carba	Sí	No	No identifica clase de carbapenemasa	100%	No especificado	<i>Enterobacter cloacae</i>	secreciones (6), hemocultivos (4), punta de catéter (3), orina (1), líquido cefalorraquídeo

32	Requena et al. (2021)	Venezuela	Test de Hodge modificado con Tritón X-100 (THT).	Sí	No	No identifica clase de carbapenemasa	100%	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i>	(1), exudado uretral (1). secreciones (6), hemocultivos (4), punta de catéter (3), orina (1), líquido cefalorraquídeo (1), exudado uretral (1). secreciones (6), hemocultivos (4), punta de catéter (3), orina (1), líquido cefalorraquídeo (1), exudado uretral (1).
33	Requena et al. (2021)	Venezuela	Sinergia de discos con EDTA/AFB	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	100%	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i>	(1), exudado uretral (1). secreciones (6), hemocultivos (4), punta de catéter (3), orina (1), líquido cefalorraquídeo (1), exudado uretral (1).
34	Requena et al. (2021)	Venezuela	MASTHISCS™ Combinado (Prueba confirmatoria para detección de carbapenemasas)		Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	100%	No especificado	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i>	(1), exudado uretral (1). secreciones (6), hemocultivos (4), punta de catéter (3), orina (1), líquido cefalorraquídeo (1), exudado uretral (1).

ANEXO 4: Métodos moleculares usados en Latinoamérica

Nº	AUTOR Y AÑO	PAÍS	MÉTODO MOLECULARES	DETECCIÓN DE CARBAPENEMASA	DIFERENCIACIÓN DE CARBAPE NEMASA	CLASE DE CARBAPENEMASA IDENTIFICADA	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD	GENES DE RESISTENCIA	ESPECIE BACTERIANA	ORIGEN CLÍNICO DE LA MUESTRA
1	Freire et al. (2022)	Brasil	PCR en tiempo real (Real-Time PCR) utilizando el ensayo comercial Xpert® Carba-R en la plataforma automatizada GeneXpert®	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{VIM} <i>bla</i> _{IMP} <i>bla</i> _{OXA-48}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Hisopos rectales en pacientes de una unidad de trasplante renal
2	Lovera et al. (2022)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	MBL (Clase B de Ambler)	Cercana al 100%	Cercana al 100%	<i>bla</i> _{NDM}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Hisopados rectales
3	Gonzales et al. (2020)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{OXA-48}	<i>Escherichia coli</i>	Urocultivo
4	Ortiz et al. (2022)	Perú	PCR multiplex	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{VIM}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Orina, sangre, secreciones

5	Riveros et al. (2022)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	OXA-48 (Clase D de Ambler) KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{IMP} <i>bla</i> _{OXA-48} <i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{VIM} <i>bla</i> _{IMP} <i>bla</i> _{OXA-48}	<i>Escherichia coli</i> <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Klebsiella azaenae</i> .	s, líquidos biológicos Orina, sangre, secreciones bronquiales, heridas
6	Marcos et al. (2025)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{IMP}	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Klebsiella azaenae</i> .	Secreciones bronquiales
7	Herrera et al. (2020)	Perú	PCR convencional y posterior secuenciación	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{VIM} <i>bla</i> _{IMP} <i>bla</i> _{OXA-48}	<i>Serratia marcescens</i>	Hisopados de nasofaringe y manos

8	Caparachin et al. (2020)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) MBL (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Hisopado rectal, orina, sangre. secreción de herida, tejido, secreción bronquial aspirado endotraqueal (1), aspirado nasofaríngeo (3),
9	Araya et al. (2022)	Chile	PCR convencional	Sí	Sí	OXA-48 y OXA-232 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{OXA-48} <i>bla</i> _{OXA-232}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	sangre (2), orina (3), punta de catéter (3), secreción de herida (3), hueso (1). aspirado endotraqueal (1), aspirado nasofaríngeo (3),
10	Araya et al. (2022)	Chile	Secuenciación automatizada Sanger	Sí	Sí	OXA-48 y OXA-232 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{OXA-48} <i>bla</i> _{OXA-232}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	sangre (2), orina (3),

											punta de catéter (3), secreción de herida (3), hueso (1).
11	Melgarejo et al. (2021)	Paraguay	PCR convencional múltiple	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{OXA-48-like}	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> complex, <i>E. coli</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Klebsiella aerogenes</i> , <i>Providencia stuartii</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> .	Aislados en mayor frecuencia de muestras de orina (30%), respiratorias (30%), sangre y catéter (24%).
12	Melgarejo et al. (2025)	Paraguay	PCR convencional múltiple	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{NDM} <i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{OXA-48-like}	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	orina (45 %), muestras respiratorias (21 %), sangre (15 %), secreciones purulentas

											(10 %), entre otros.
13	Mayta et al. (2021)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificad o	No especificado	<i>bla</i> _{KPC} <i>bla</i> _{NDM}	<i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Providencia rettgeri</i>	Cepas procedent es de hospitales secrecione s (6), hemoculti vos (4), punta de catéter (3), orina (1), líquido cefalorraq uídeo (1), exudado uretral (1). orina (12), el aspirado traqueal
14	Requena et al. (2021)	Venezu ela	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificad o	No especificado	<i>bla</i> _{NDM-1} <i>bla</i> _{KPC}	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>complejo</i> <i>Enterobacte</i> <i>r cloacae</i>	(7), la sangre (4), el líquido cefalorraq uídeo (3), las heridas quirúrgica
15	Firmo et al. (2020)	Brasil	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificad o	No especificado	<i>bla</i> _{KPC-2} <i>bla</i> _{NDM-1}	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus mirabilis</i> y <i>Serratia marcescens</i>	

											s (2), los hisopados rectales (2), el hueso (1), el frotis de la lesión (1), el absceso (1), la úlcera sacra (1) y la fibrosis (1)
16	Cuicapuza et al. (2024)	Perú	Secuenciación del genoma completo (WGS, por sus siglas en inglés)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{NDM-1} <i>bla</i> _{KPC-2}	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella quasipneumoniae</i> , <i>Klebsiella aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter hormaechei</i> , <i>Klebsiella pneumoniae subespecie pneumoniae</i> y <i>ozoenae</i>	sangre, orina y otras muestras biológicas de pacientes hospitalizados y ambulatorios Orina: Cepas ES221, HAL79 y HR200.
17	Aguilar et al. (2025)	Perú	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla</i> _{NDM-1} <i>bla</i> _{KPC-2}		

18	Saavedra et al. (2021)	Colombia	PCR convencional	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler) VIM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla_{KPC}</i> <i>bla_{NDM}</i> <i>bla_{VIM}</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Sangre: Cepa HR192. Orina: Cepas ES221, HAL79 y HR200. Sangre: Cepa HR192. Aislamientos clínicos de infecciones asociadas a la atención médica (IAAS) Aislamientos clínicos circulantes
19	Saavedra et al. (2021)	Colombia	Secuenciación del genoma completo (WGS, por sus siglas en inglés)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler) VIM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla_{KPC}</i> <i>bla_{NDM}</i> <i>bla_{VIM}</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
20	Vivas et al. (2020)	Brasil	PCR multiplex	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler)	No especificado	No especificado	<i>bla_{KPC}</i> <i>bla_{NDM}</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	

ANEXO 5: Métodos inmunocromatográficos usados en Latinoamérica

Nº	AUTOR Y AÑO	PAÍS	MÉTODOS INMUNOCROM ATOGRÁFICOS	DETECCIÓN DE CARBAPENE MASA	DIFERENCIA CIÓN DE CARBAPENE MASA	CLASE DE CARBAPENE MASA IDENTIFICA DA	SENSIBILI DAD	ESPECIFIC IDAD	ESPECIE BACTERI ANA	ORIGE N CLÍNIC O DE LA MUEST RA
1	García et al. (2024)	Perú	Inmunocromatogra fía rápida RESISIT-3 OKN K-SET (Coris BioConcept®)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler) NDM (Clase B de Ambler) OXA-48 (Clase D de Ambler)	100%	100%	<i>Klebsiella pneumonia e, Escherichia coli, Klebsiella oxytoca, Klebsiella ozaenae, Khuyvera ascorbata, Enterobact er cloacae, Enterobact er aerogenes, Proteus mirabilis, Morganella</i>	Secresió n bronquia l, hemocult ivo, orina aséptica, herida quirúrgic a

									<i>morganii</i> , <i>Serratia</i> <i>marcescens</i>	
										aspirado endotraqueal (1), aspirado nasofaríngeo (3), sangre (2), orina (3), punta de catéter (3), secreción de herida (3), hueso (1)
2	Araya et al. (2022)	Chile	Inmunocromatografía rápida CORIS (BioConcept)	Sí	Sí	OXA-48 (Clase D de Ambler)	100%	100%	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
3	Díaz et al. (2020)	Perú	Inmunocromatografía rápida CORIS (BioConcept)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler)	100%	100%	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Orina (3) y sangre (1).
4	Sánchez et al. (2020)	Colombia	Inmunocromatografía rápida RESIST-3 - O.K.N (Coris BioConcept®)	Sí	Sí	KPC (Clase A de Ambler)	100%	100%	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Hisopado rectal

ANEXO 6: Definición operacional de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo y escala de medición
Clase de carbapenemasa identificada	Clase enzimática capaz de hidrolizar carbapenémicos y producir resistencia a por lo menos un tipo de carbapenem.	Tipo de carbapenemasa identificada en los aislamientos (KPC, NDM, OXA-48, etc.).	Nombre o clase de carbapenemasa.	Categórica nominal
Método diagnóstico utilizado	Técnica utilizada para identificar la presencia de carbapenemasas en Enterobacterales.	Método diagnóstico reportado en cada estudio, registrando si corresponde a una prueba fenotípica, inmunológica o molecular, y se anotará el nombre específico del método utilizado (CarbaNP, mCIM, PCR, etc.).	Frecuencia de uso de cada tipo de método diagnóstico reportado en los estudios incluidos (CarbaNP, mCIM, PCR, Sinergia de discos, etc).	Categórica nominal
Sensibilidad	Capacidad de la prueba diagnóstica para identificar la presencia de carbapenemasas en Enterobacterales.	Se mide aplicando la fórmula: Sensibilidad = $VP / (VP + FN)$ Se registrará la especificidad reportada en cada estudio.	Porcentaje de verdaderos positivos detectados por el método diagnóstico.	Cuantitativa continua

Especificidad	Capacidad de la prueba diagnóstica para identificar correctamente a los Enterobacterales que no producen carbapenemasas.	Se mide aplicando la fórmula: $\text{Especificidad} = \text{VN} / (\text{VN} + \text{FP})$ Se registrará la especificidad reportada en cada estudio.	Porcentaje de verdaderos negativos detectados por el método diagnóstico.	Cuantitativa continua
Especie bacteriana	Especie bacteriana perteneciente a la familia Enterobacterales.	Género y especie de la bacteria estudiada (Ej: <i>K. pneumoniae</i> , <i>E. coli</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , entre otras).	Especie bacteriana reportada	Categórica nominal
Gen de carbapenemasa detectado	Gen específico responsable de la codificación de la carbapenemasa.	Gen identificado mediante técnicas moleculares (<i>bla</i> _{KPC} , <i>bla</i> _{NDM} , etc.)	Nombre del gen detectado.	Categórica nominal
Origen clínico de la muestra	Tipo de material biológico del cual se aisló la bacteria del orden Enterobacterales.	Fuente clínica reportada (ej. orina, sangre, secreción respiratoria, etc.).	Tipo de muestra biológica.	Categórica nominal
País de estudio	Es la nación o territorio soberano donde se realizó el estudio incluido en la investigación.	Se identificará el país latinoamericano en el que fue conducido el estudio según lo reportado en la publicación científica o fuente primaria de datos.	País reportado como escenario de investigación (ej. Perú, Colombia, Chile, etc.).	Cualitativa nominal
