Octubre, 2026
VOL. 3, Nº 2

Valoración de la concordancia fenotípica y molecular en la identificación bacteriana y detección de carbapenemasas entre el Hospital Antonio Lorena e INS

Andrei Martínez Acurio[1], **Nancy Vasquez Luna**[1], **Gabriel Joaquín Silva Candia**[1], **Shiley Sharmely Huaman Aimara**[1], **Zulma Yhasmina Vasquez Caceres**[1], **Jan Franco Mejia Mateus**[1], **Claudia Estefany Barrios Vargas**[1]

[1] Hospital Antonio Lorena, Departamento de Apoyo al diagnóstico, Cusco - Perú.

RESUMEN

Objetivo: Valorar la concordancia entre los métodos fenotípicos del Laboratorio de Microbiología del Hospital Antonio Lorena (LMHAL) y los métodos moleculares y proteómicos del Instituto Nacional de Salud (INS).

Materiales y métodos: En el Laboratorio de Microbiología del Hospital Antonio Lorena (LMHAL), la identificación bacteriana y determinación del perfil de susceptibilidad a antibióticos se efectúa utilizando el equipo automatizado BD Phoenix M50 previo aislamiento, complementándose con pruebas fenotípicas (Disco de Difusión de Kirby Bauer, Spot Colistina y Blue Carba). Los aislados con alguna característica compatible a la presencia de carbapenemasas son enviadas al INS para su confirmación por métodos genotípicos (PCR) y proteómicos (MALDI-TOF). El estudio es de carácter retrospectivo y exploratorio.

Resultados: La concordancia obtenida en la identificación bacteriana y la detección de Carbapenemasas entre ambas instituciones; utilizando diferentes metodologías, corresponde al 93.02% y 96.97% respectivamente. Así mismo, se analizó el Índice Kappa de Cohen con el propósito de valorar independientemente cada método fenotípico utilizado para detectar Carbapenemasas, obteniendo valores significativos de 0.93 (MBL), 1.00 (KPC) y 0.94 (OXA). Finalmente, se obtuvo una concordancia de 53.85% para el test de Blue Carba y un 100% para el método de Spot Colistina.

Conclusiones: Se obtuvo un alto porcentaje de concordancia en la identificación bacteriana y la detección de carbapenemasas entre el LMHAL e INS, demostrando que el uso de insumos de bajo costo y metodologías fenotípicas en nuestro hospital no comprometen la seguridad del paciente ni la vigilancia epidemiológica, ya que nuestros hallazgos son compatibles con las pruebas moleculares. Finalmente, los hallazgos señalaron a Acinetobacter baumannii como el patógeno bacteriano de mayor prevalencia durante el periodo de estudio.

Palabras clave: concordancia, bacteria, carbapenemasas, fenotipo, genotipo

Evaluation of phenotypic and molecular concordance in bacterial identification and carbapenemase detection between Antonio Lorena Hospital and the INS

Objective: To assess agreement between phenotypic methods used at the Antonio Lorena Hospital Microbiology Laboratory (LMHAL) and molecular and proteomic methods used at the National Institute of Health (INS).

Autor corresponsal:
Gabriel Joaquin Silva Candia
Correo electrónico:
gabrieljoaquinsilvacandia@gmail.com

ORCID
Andrei Martínez Acurio
https://orcid.org/0000-0002-4391-422X
Nancy Vasquez Luna
https://orcid.org/0000-0001-7311-1244
Gabriel Joaquín Silva Candia
https://orcid.org/0009-0005-2754-802X
Shiley Sharmely Huaman Aimara
https://orcid.org/0009-0006-3853-8975
Zulma Yhasmina Vasquez Caceres
https://orcid.org/0009-0006-4203-3961
Jan Franco Mejia Mateus
https://orcid.org/0009-0008-3921-239X
Claudia Estefany Barrios Vargas
https://orcid.org/0009-0009-8388-6903

Recibido: 31/07/2026
Aprobado: 31/08/2026
Publicado: 01/10/2026

Esta es una publicación con licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Copyright © 2026, Revista Científica del Hospital Antonio Lorena del Cusco.

Octubre, 2026
VOL. 3, Nº 2

Materials and methods: A retrospective, exploratory study was conducted with 46 carbapenem-resistant clinical isolates processed from January 1 to May 31, 2026. The LMHAL used the BD Phoenix M50 system and phenotypic tests; the INS used MALDI-TOF, PCR, and interlaboratory tests.

Results: Agreement for bacterial identification and carbapenemase detection was 93.02% and 96.97%, respectively. Cohen kappa values were 0.93 for MBL, 1.00 for KPC, and 0.94 for OXA. Blue Carba showed 53.85% agreement and Spot Colistin, 100%.

Conclusions: High agreement was observed among the isolates analyzed. Acinetobacter baumannii was the most frequently identified species. Findings are limited to the study period and sample.

Keywords: concordance, bacteria, carbapenemases, fenotype, genotype

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la resistencia a los antimicrobianos constituye una de las diez principales problemáticas que afectan a la salud pública de la humanidad, debido al incremento en la tasa de morbi-mortalidad y la prolongación de la estancia hospitalaria. Esto es ocasionado por el uso inadecuado de antibióticos y la deficiencia en la prevención y control de infecciones, provocando el surgimiento y diseminación de las bacterias multidrogoresistentes (MDR) (1).

En el Perú, múltiples estudios han demostrado un incremento de bacterias MDR en los últimos años, especialmente aquellas con resistencia a los carbapenémicos. Según los estudios realizados en diferentes regiones del país, esta situación se convierte en un problema prioritario para los establecimientos de salud encaminados a la búsqueda del mejoramiento de sistemas de vigilancia epidemiológica, además del estudio de patrones de resistencia y la variación de esta a través de los años (2).

Las carbapenemasas son enzimas que pertenecen a las β-lactamasas; las cuales son sintetizadas por algunas bacterias, cuya función es hidrolizar el anillo β-lactámico de los carbapenémicos, los cuales son utilizados para el tratamiento de infecciones graves causadas por bacterias Gram negativas MDR. Entre las bacterias que suelen desarrollar este mecanismo de resistencia se tienen a las fermentadoras de lactosas como Klebsiella pneumoniae y no fermentadoras como Acinetobacter baumannii y Pseudomonas aeruginosa, las cuales transmiten y adquieren genes de resistencia por medio de plásmidos, transposones e integrones. Su hallazgo es de importancia pues están relacionadas a los brotes intrahospitalarios, existiendo poca disponibilidad de tratamientos efectivos (3).

En mención, el INS, mediante el Programa de Evaluación Externa del Desempeño (PEED), realiza una evaluación de resultados obtenidos en la identificación bacteriana, la interpretación de la susceptibilidad antimicrobiana y la inferencia de mecanismos de resistencia entre los laboratorios participantes (4).

Bajo este enfoque, el objetivo del estudio fue valorar la concordancia entre los métodos fenotípicos desarrollados por el LMHAL y los métodos moleculares y proteómicos utilizados por el INS para la identificación bacteriana y la detección de carbapenemasas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño, ámbito y periodo: Se realizó un estudio retrospectivo, exploratorio y de concordancia inter - metodológica e inter - laboratorial entre el LMHAL y el INS del 1 de enero al 31 de mayo de 2026. El reporte se organizó conforme a la guía GRRAS (5).

Población y muestreo: La población estuvo constituida por aislados bacterianos de muestras clínicas de pacientes hospitalizados con resistencia a carbapenémicos. Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia y se incluyeron todos los aislados obtenidos durante el periodo de estudio. Se excluyeron los cultivos contaminados y los aislados sin resultado emitido por el INS. Así mismo, no se eliminaron aislados repetidos del mismo paciente, todos fueron enviados para confirmación al INS y no se realizó un cálculo previo del tamaño de muestra.

Aislamiento de bacterias de muestras clínicas: En el LMHAL se evaluó la preanalítica según el tipo de muestra a analizar para luego obtener un cultivo puro con colonias aisladas, realizar la identificación y evaluación del perfil de susceptibilidad.

Cultivo de secreciones: Se realizó la siembra directa en Agar MacConkey, Manitol Salado, Sangre y Chocolate. Además, en algunas situaciones es necesario utilizar el caldo BHI (Brain Heart Infusion Broth) antes de realizar el paso anterior, con la finalidad de cultivar microorganismos de difícil crecimiento. Adicionalmente, se realizó un examen directo y Gram de todas las muestras.

Hemocultivos y líquidos estériles: Se realizaron utilizando frascos de hemocultivo para adultos (5-10 ml) y pediátricos (1-3 ml). Los frascos; previa inoculación, se

colocan en el equipo automatizado BD BACTEC FX40 el cual reporta resultados hasta los 5 días, los cuales tienen un marcador colorimétrico en la base del recipiente y su viraje de color determinará su positividad. En casos de positividad se realizan subcultivos en Agar MacConkey, Manitol Salado, Sangre y Chocolate.

Urocultivo: El cultivo se realizó por agotamiento con un asa de siembra de 1 µL en agar sangre y MacConkey o agar cromogénico de orientación.

Identificación bacteriana y perfil de susceptibilidad: Una vez obtenido el cultivo puro, se cargó al equipo BD Phoenix M50 con los paneles UNMIC/ID-407 o NMIC-485 para orina, NMIC/ID-476 para muestras sistémicas y PMIC/ID-601 para grampositivos. El inóculo se ajustó a la escala de McFarland de 0.5 y se verificó con un nefelómetro calibrado. La identificación se fundamenta en reacciones bioquímicas y el antibiograma por la variación de turbidez, procesados mediante BD EpiCenter (6). Seguidamente, si fuera el caso, se realiza la confirmación del perfil de susceptibilidad en placa utilizando el método de Disco de Difusión de Kirby Bauer, buscando el mecanismo de resistencia.

Los controles internos se realizaron mensualmente como parte del flujo habitual del LMHAL y no para cada aislado.

Pruebas confirmatorias ante sospecha de carbapenemasas: Existen 3 clases principales de carbapenemasas según la clasificación de Ambler (1980).

- **Clase A (Serin carbapenemasas):** Enzimas que utilizan serina en su sitio activo. La más importante es la Klebsiella pneumoniae productora de Carbapenemasa (KPC) (7).
- **Clase B (Metalo-B-lactamasas):** Enzimas que requieren uno o dos iones de Zinc para ejercer su actividad catalítica sobre betalactámicos a excepción del aztreonam, siendo los más representativos NDM (New Delhi Metallo-B-lactamase), IMP (Imipenemase) y VIM (Veronapenemase) (8).
- **Clase D (Oxacilinasas)**: Utilizan serina, pero son menos efectivas frente a carbapenémicos, sus variantes son OXA-23, OXA-24, OXA-51, OXA-58, OXA-48.

Se realizaron pruebas fenotípicas cuando el equipo automatizado detectó resistencia a ertapenem, meropenem o imipenem, siguiendo las recomendaciones del CLSI M100, 36.ª edición (9).

Serin carbapenemasas KPC: Se utilizó el método de Sinergia de Doble Disco de Difusión con Ácido Fenilborónico (APB), en la cual se evalúa la sinergia entre los carbapenémicos Ertapenem, Meropenem e Imipenem con el APB en Agar Mueller-Hinton con una suspensión ajustada a la escala de McFarland de 0.5. La presencia de sinergia se interpreta como un fenotipo compatible para KPC (7).

MBLs (VIM, NDM, IMP): De igual forma, se utilizó el método de Sinergia de Doble Disco Difusión, en este se colocan discos de sensibilidad de Imipenem, Meropenem y EDTA (Etilendiaminotetraacético), el cual es un quelante, que captura las moléculas de Zinc necesarias para la activación de MBLs. Se evaluó la sinergia entre los discos de carbapenémicos y EDTA, siendo este compatible con la presencia de enzimas del tipo MBL (8).

OXA: Existen métodos Inmunocromatográficos (pruebas rápidas) que identifican per se de forma rápida y confiable, con alta sensibilidad y especificidad genes frecuentes de alta resistencia (KPC, NDM, OXA48, VIM, IMP), pero su alto costo limita el uso frecuente de estas pruebas como parte de la rutina del LMHAL.

En este contexto, para la detección de probable OXA se consideró aquellas cepas que presentaban resistencia a carbapenemasas y no mostraban sinergia con APB y EDTA. Así mismo, la literatura indica que las bacterias como Acinetobacter baumannii suelen presentar compatibilidad con este gen de resistencia, por lo que su resistencia a carbapenémicos muy seguramente esté relacionado a los genes OXA (9 y 10).

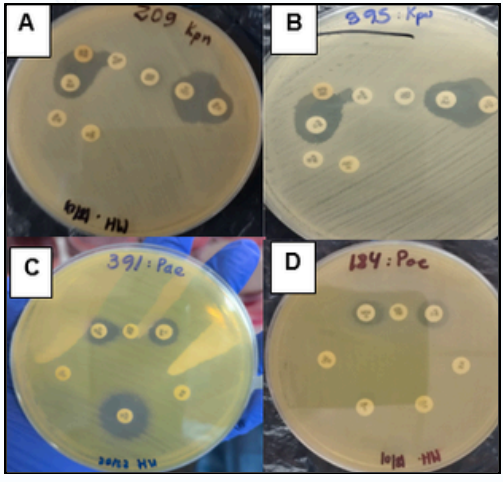

Figura 1. *Mecanismos de resistencia fenotípica evidenciados en LMHAL por el método propuesto por Malbrán,*

modificado, por disco de difusión en Kirby Bauer. A y B: Método fenotípico para detección de serin carbapenemasas, se observa sinergia entre Imipenem –APB– Meropenem indicando la producción de una probable Carbapenemasa del grupo A (KPC). C y D: Método fenotípico para la detección de MBL en Pseudomonas aeruginosa, se observa sinergia entre Imipenem – EDTA – Meropenem indicando la producción de una Carbapenemasa compatible con el grupo B (MBL).

Test de Blue Carba: Es un método fenotípico utilizado para detectar la actividad de las carbapenemasas en bacilos Gram negativos mediante la hidrólisis del Imipenem, evidenciada por un cambio de color del indicador de pH.

Método de Spot Colistina: Es un método en el cual se utilizan placas de agar Mueller-Hinton con una concentración final de 3 µg/mL de sulfato de colistina. La evidencia de crecimiento se interpreta como resistencia (11).

Procedimiento de comparación: La identificación realizada utilizando el equipo BD Phoenix M50 en el LMHAL se comparó con la efectuada por MALDI-TOF en el INS. En cuanto a la detección de carbapenemasas, los resultados obtenidos por métodos fenotípicos se compararon con los realizados por PCR. Es importante mencionar que no se definió previamente un porcentaje mínimo de concordancia.

En relación a Blue Carba y Spot Colistina, se realizaron comparaciones Inter laboratoriales utilizando la misma metodología entre el LMHAL y el INS. Es importante mencionar que estas metodologías se aplicaron a aquellas cepas resistentes a carbapenémicos detectadas por BD Phoenix M50 y fueron condicionados por la disponibilidad de materiales.

Control de calidad y remisión al INS: Los aislados con probable carbapenemasas detectados por el LMHAL se preservaron en agar tripticasa de soya a 37 °C durante 24 horas, seguidamente se enviaron dos réplicas de cada aislado al INS en condiciones de refrigeración, el cual realizó identificación mediante MALDI-TOF y genotipificación por PCR, emitiendo así resultados confirmatorios dos a tres semanas después.

Evaluadores e independencia: Las pruebas del LMHAL fueron realizadas por cinco Biólogos especialistas en Microbiología Clínica y la asistencia de cinco internos de Biología. Los resultados fueron validados por un especialista en Patología Clínica y Biólogos con más de 30 años de experiencia. Las lecturas discrepantes se repitieron y se resolvieron mediante discusión académica hasta alcanzar consenso.

Análisis estadístico: Los datos se recopilaron del cuaderno de registro diario del LMHAL (12) y el sistema NetLab del INS (13), estos se sistematizaron en Microsoft Excel 2019.

RESULTADOS

Entre el 1 de enero y el 31 de mayo de 2026 se aislaron 46 bacterias, de importancia clínica resistentes a carbapenémicos en relación a Infecciones Asociadas con la Atención en Salud (IAAS), las cuales derivaron de secreciones bronquiales [3], aspirados transtraqueales [16], esputos [3], orinas por chorro medio [4], orinas por aspirado de catéter [4], líquido peritoneal [1], secreción uretral [1], secreciones de herida [3], secreción de absceso [1], hematoma cerebral [1], secreción genital [1], hemocultivo de CVC [1], colección intraparenquimal [1], absceso cerebral [1], LCR [1], aspirados bronquiales [3] y secreción de pared abdominal [1] (Tabla 1).

Las especies identificadas con mayor frecuencia fueron A. baumannii [18] y P. aeruginosa [17], seguidas de K. pneumoniae [8], E. coli [2] y Burkholderia cepacia [1]

Figura 2. *Flujo de inclusión de los aislados en los análisis de concordancia. Fuente: elaboración propia con base en los registros del LMHAL y del INS.*



Tabla 1. *Concordancia de identificación bacteriana entre el LMHAL y el INS*

Código	Tipo de muestra	Bacterianas identificadas por el LMHAL	Bacterianas identificadas por el INS	Concordancia
110	Secreción de herida abdominal	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
116	Secreción bronquial	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
131	Aspirado transtraqueal	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
184	Aspirado transtraqueal	*Pseudomonas aeruginosa*	Contaminado	Contaminado
195	Esputo	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
211	Aspirado bronquial	*Pseudomonas aeruginosa*	Contaminado	Contaminado
239	Aspirado transtraqueal	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
332	Esputo	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
516	Orina por chorro medio	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
596	Orina por aspirado de catéter	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
350	Aspirado transtraqueal	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
539	Herida operatoria	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
673	Orina por aspirado de catéter	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
686	Líquido peritoneal	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
1200	Orina por aspirado de catéter	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
1264	Orina por aspirado de catéter	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
1255	Orina por chorro medio	*Pseudomonas aeruginosa*	*Pseudomonas aeruginosa*	SI
209	Secreción uretral	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
391	Aspirado transtraqueal	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
395	Secreción de absceso de pie izquierdo	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
764	Orina por chorro medio	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
450	Secreción de herida	*Klebsiella pneumoniae*	Contaminado	Contaminado
479	Hematoma cerebral	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
677	Aspirado transtraqueal	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
1206	Orina por chorro Medio	*Klebsiella pneumoniae*	*Klebsiella pneumoniae*	SI
42	Secreción genital	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
78	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
96	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
123	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
125	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
148	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
157	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Enterobacter cloacae*	NO
275	Aspirado bronquial	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
307	Hemocultivo de CVC	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
344	Colección intraparenquimal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
345	Absceso cerebral	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
399	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
436	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter del complejo baumannii/calcoaceticus*	SI
435	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter junii*	NO
469	LCR	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter del complejo baumannii/calcoaceticus*	SI
537	Secreción bronquial	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
545	Aspirado transtraqueal	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
671	Secreción bronquial	*Acinetobacter baumannii*	*Acinetobacter baumannii*	SI
294	Esputo	*Escherichia coli*	*Escherichia coli*	SI
750	Secreción de pared abdominal	*Escherichia coli*	*Escherichia coli*	SI
535	Aspirado bronquial	*Burkholderia cepacia*	*Burkholderia multivorans*	NO
Concordancia observada: 93.02%				

Nota. *Se remitieron 46 aislados al INS; los códigos 184, 211 y 450 fueron reportados como contaminados por una causa no especificada, posiblemente relacionada con la fase preanalítica del envío. Para el análisis de identificación se consideraron 43 aislados. La equivalencia entre Acinetobacter baumannii y el complejo A. baumannii/A. calcoaceticus se aplicó tras revisión bibliográfica.*

De los 46 aislados remitidos, 3 fueron excluidos por contaminación; por consecuencia, el tamaño muestral analizado para la identificación bacteriana fue de 43 aislamientos (Figura 2).

La concordancia de la identificación fue del 93.02%. Con respecto a la coincidencia de resultados, se obtuvo 100% para K. pneumoniae, P. aeruginosa y E. coli. Es importante recalcar que se consideró concordante únicamente la identificación hasta especie, con la única excepción para el complejo A. baumannii/A. calcoaceticus (Tabla 1).

Se observaron tres identificaciones discordantes (códigos 157, 435 y 535), en los códigos 435 y 535 coincidieron con el género pero difirieron en la especie; por otro lado, el código 157 presentó una discordancia total, reportandose Acinetobacter baumannii por el LMHAL y Enterobacter cloacae por el INS (Tabla 1).

El tamaño muestral analizado para establecer la concordancia en la determinación de carbapenemasas fue de 33 aislados, obteniendo un resultado del 96.97%. Asímismo, se evidencia un único error correspondiente al código 78, el cual fue reportado como un A. baumannii con probable MBL por los métodos fenotípicos realizados en el LMHAL, sin embargo, resultó tener OXA según el reporte del INS (Tabla 2).

Tabla 2. *Concordancia de la detección de carbapenemasas entre el LMHAL y el INS.*

Código	Cepas bacterianas identificadas	Carbapenemasas detectadas por métodos fenotípicos LMHAL	Carbapenemasas detectadas por métodos moleculares INS	Concordancia
110	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
116	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
195	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
332	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (VIM)	SI
516	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
1200	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
1264	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
1255	*Pseudomonas aeruginosa*	MBL	MBL (IMP)	SI
209	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (CTX-M Y SHV)	SI
391	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (SHV)	SI
395	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (SHV)	SI
764	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (SHV)	SI
479	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (SHV)	SI
677	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (SHV)	SI
1206	*Klebsiella pneumoniae*	KPC	KPC y BLEE (TEM)	SI
42	*Acinetobacter baumannii*	CDAB	OXA - 24/OXA-51	SI
78	*Acinetobacter baumannii*	MBL	OXA-51 y OXA - 23	NO
96	*Acinetobacter baumannii*	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
123	*Acinetobacter baumannii*	CDAB	OXA - 24 y OXA-52	SI
125	*Acinetobacter baumannii*	CDAB	OXA - 24 y OXA-53	SI
148	*Acinetobacter baumannii*	CDAB	OXA-51 y OXA - 23	SI

148	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA-51 y OXA - 23	SI
	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
307	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
344	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
345	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
399	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
436	Acinetobacter del complejo baumannii/calcoaceticus	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
469	Acinetobacter del complejo baumannii/calcoaceticus	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
537	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
545	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
671	Acinetobacter baumannii	CDAB	OXA - 24 y OXA-51	SI
294	Escherichia coli	MBL	MBL (NDM) Y BLEE (TEM)	SI
750	Escherichia coli	MBL	MBL (NDM) Y BLEE (TEM)	SI
Concordancia observada: 96.97%				

Nota. *De los 46 aislados iniciales, tres fueron reportados como contaminados y tres presentaron identificación discordante. De los 40 con identificación concordante, 7 carecían de reporte genotípico del INS; por ello, se analizaron 33 como tamaño muestral.*

MBL: metalo-β-lactamasa. IMP: imipenemasa. VIM: Verona integron-encoded metallo-β-lactamase. NDM: New Delhi metallo-β-lactamase. KPC: Klebsiella pneumoniae carbapenemase. OXA: oxacilinasa. CDAB: carbapenemasas diferentes de los grupos A y B de Ambler.

Por otro lado; en los reportes obtenidos del INS, se evidencia la presencia de otros genes como Betalactamasas de Espectro Extendido (BLEE) o genes específicos de la familia de MBL que por los métodos fenotípicos serían complicados de percibir, por el enmascaramiento de las carbapenemasas (Tabla 2).

Los métodos fenotípicos utilizados en el estudio fueron evaluados individualmente para demostrar su concordancia con los métodos moleculares. Es así que, el método de Sinergia de Doble Disco de Difusión con EDTA para determinar probable MBL, con APB para Serin-carbapenemasas (KPC) y el método de exclusión al no observar sinergia con EDTA y APB para OXA, obtuvieron una concordancia significativa ($p < 0.001$) con un IC del 95 % en el análisis del Índice Kappa de Cohen con valores de 0.93 (Casi perfecto) 1.00 (Perfecto) y 0.94 (Casi perfecto) respectivamente, además de un porcentaje de concordancia observada de 96.97%, 100% y 96.97%, siendo el método utilizado para la detección de KPC las más efectiva (Tabla 3).

Tabla 3. *Concordancia entre los métodos fenotípicos usados para determinar (MBL, KPC y OXA) y métodos genotípicos (PCR).*

Carbapenemasas detectadas	Concordancia observada (%)	Índice kappa de Cohen
MBL[1]	96.97%	0.93*
KPC[2]	100%	1.00*
OXA[3]	96.97%	0.94*

Nota. *1 Determinación fenotípica mediante Doble Disco de Difusión con EDTA, Imipenem y Meropenem. 2 Determinación fenotípica mediante Doble Disco de Difusión con APB. 3 Determinación por exclusión al no observar sinergia con EDTA ni APB. Interpretación según Landis y Koch (15): 0.81-1.00, concordancia casi perfecta. *p < 0.001.*

En cuanto al test de Blue Carba, se aplicó a un tamaño muestral de 13 aislados con resistencia a carbapenémicos, condicionados y limitados por la disponibilidad de reactivos. La concordancia correspondió a un 53.85%, con un índice Kappa de Cohen de 0.20 (Tabla 4).

Tabla 4. *Concordancia de la determinación de carbapenemasas por el Test de Blue Carba.*

Código	Cepas bacterianas identificadas	Test de Blue Carba LMHAL	Test de Blue CARBA INS	Concordancia
539	Pseudomonas aeruginosa	POSITIVO	NEGATIVO	NO
673	Pseudomonas aeruginosa	NEGATIVO	NEGATIVO	SI
391	Klebsiella pneumoniae	POSITIVO	POSITIVO	SI
395	Klebsiella pneumoniae	POSITIVO	POSITIVO	SI
764	Klebsiella pneumoniae	POSITIVO	POSITIVO	SI
479	Klebsiella pneumoniae	POSITIVO	POSITIVO	SI
677	Klebsiella pneumoniae	POSITIVO	POSITIVO	SI
436	Acinetobacter baumannii	POSITIVO	NEGATIVO	NO
435	Acinetobacter baumannii	POSITIVO	NEGATIVO	NO
469	Acinetobacter baumannii	POSITIVO	NEGATIVO	NO
537	Acinetobacter baumannii	POSITIVO	NEGATIVO	NO
545	Acinetobacter baumannii	POSITIVO	NEGATIVO	NO
671	Acinetobacter baumannii	NEGATIVO	NEGATIVO	SI
Concordancia observada: 53.85%				
Índice Kappa de Cohen: 0.20				

Nota. *Se evaluaron 13 aislados debido a la disponibilidad limitada de reactivos; la comparación correspondió al mismo test realizado en ambos laboratorios.*

En cuanto a Spot Colistina, se aplicó a 21 aislados seleccionados por resistencia previa a carbapenémicos y disponibilidad de materiales. La concordancia correspondió a un 100%; todos los aislados evaluados fueron informados como sensibles en ambos laboratorios (Tabla 5).

Tabla 5. *Concordancia de la evaluación de susceptibilidad a Colistina mediante el Método de Spot Colistina entre el LMHAL y el INS.*

Código	Cepas bacterianas	SPOT COLISTIN LMHAL	SPOT COLISTIN - INS	Concordancia
332	Pseudomonas aeruginosa	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
516	Pseudomonas aeruginosa	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
1200	Pseudomonas aeruginosa	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
1264	Pseudomonas aeruginosa	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
1255	Pseudomonas aeruginosa	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
391	Klebsiella pneumoniae	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
395	Klebsiella pneumoniae	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
764	Klebsiella pneumoniae	SENSIBLE	SENSIBLE	SI

479	Klebsiella pneumoniae	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
677	Klebsiella pneumoniae	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
1206	Klebsiella pneumoniae	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
275	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
344	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
345	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
399	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
436	Acinetobacter del complejo baumannii/calcoaceticus *	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
469	Acinetobacter del complejo baumannii/calcoaceticus *	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
537	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
545	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
671	Acinetobacter baumannii	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
750	Escherichia coli	SENSIBLE	SENSIBLE	SI
Concordancia observada: 100 %				

Nota. *Se evaluaron 21 aislados debido a la disponibilidad limitada de materiales; la comparación correspondió al mismo método realizado en ambos laboratorios.*

DISCUSIÓN

A nivel mundial, la resistencia a los antibióticos representa un desafío, por lo que, en el año 2021, la OMS publicó una lista de patógenos prioritarios, dentro de las cuales se incluyen a todas las bacterias identificadas en este estudio con la capacidad de generar resistencia a los carbapenémicos. En tal sentido, la identificación oportuna es crucial para brindar un tratamiento adecuado, validando diferentes métodos de detección de Carbapenemasas, realizando las pruebas fenotípicas con EDTA y APB y las genotípicas. Estas pruebas no nos permiten establecer con exactitud el zimotipo específico; sino de manera general, el grupo al que pertenece en la clasificación de Ambler (16). En algunos países, especialmente el nuestro, no se cuenta con acceso a estos recursos para todos los centros de salud, esta situación limita a realizar las pruebas fenotípicas que buen resultado nos han dado hasta la fecha, tal es el caso del Test de Blue Carba y el Método de Spot Colistina que aportan bastante información para la detección de Carbapenemasas.

Por otro lado, la OPS (Organización Panamericana de Salud) realizó una caracterización genotípica de aislados bacterianos de pacientes de diversos hospitales, logrando identificar bacterias como K. pneumoniae, P. aeruginosa y A. baumannii, los cuales además presentaron genes de resistencia como KPC, MBL y OXA respectivamente (17). Estos datos concuerdan absolutamente con lo obtenido en este estudio, indicando que estas bacterias son causantes de las IAAS, y que al ser resistentes a Carbapenemicos las convierten en un peligro latente. De ahí la importancia de que las pruebas fenotípicas efectuadas en el LMHAL resulten ser concordantes con las metodologías moleculares del INS, permitiendo colaborar con la VIRAM.

En el PEED en Microbiología y resistencia Antimicrobiana realizada por el INS en el 2023 se contó con la participación de 68 centros de salud que cuentan con el área de microbiología. En este caso, se enviaron 5 cepas ya identificadas por MALDI-TOF con el perfil de susceptibilidad determinado y el mecanismo de resistencia presente detectado por PCR; de las cuales, tres presentaban Carbapenemasas. Uno correspondía a Klebsiella aerogenes "KPC", el otro a Acinetobacter baumannii "MBL" y el último Klebsiella pneumoniae que presesentaba "sinergia con EDTA y APB". Los métodos usados para la identificación fueron diversos, pero la gran mayoría utilizó el flujo de trabajo efectuado por el LMHAL. En cuanto a la susceptibilidad antimicrobiana, fue elaborada por métodos fenotípicos, obteninedo resultados concordantes. En el presente estudio, el LMHAL obtuvo un porcentaje alto de 93.02% de concordancia en la identificación bacteriana y un 96.97% de concordancia en la detección de Carbapenemasas por métodos fenotípicas, siendo de igual forma bastante significativo si comparamos el tamaño de población total evaluada, que en este caso corresponde a 46 y 33 cepas respectivamente.

CONCLUSIONES

Existe una concordancia en la identificación bacteriana del 93.02% además del 96.97% de concordancia en cuanto a la determinación de Carbapenemasas se refiere por métodos fenotípicos utilizados en el LMHAL en comparación a métodos moleculares (PCR) y proteómicos (MALDI-TOF) utilizados por el INS.

Las metodologías fenotípicas aplicadas en el LMHAL resultan ser herramientas altamente confiables, pues los análisis del Índice Kappa de Cohen para cada prueba específica para detectar MBL, KPC y OXA es de 0.93, 1.00 y 0.94 respectivamente, indicando una alta perfección y elevada significancia.

Pese a los valores altos de concordancia obtenidos, existe un reducido número que son discordantes, lo que demuestra que las pruebas moleculares (PCR) y proteómicas (MALDI-TOF) siguen siendo el Gold Standard.

Adicionalmente, dentro de las bacterias aisladas, la de mayor prevalencia corresponde a A. baumannii con un total de [18] identificaciones, siendo corroboradas [16] por el INS, seguido por P. aeruginosa [15], K. pneumoniae [7] siendo estos resultados de gran importancia debido a su relación con las infecciones nosocomiales, que, sumados a la resistencia a Carbapenémicos, lo convierten en un peligro para los pacientes hospitalizados. Sin embargo, también es importante resaltar la sensibilidad conservada a la Colistina de todos estos microorganismos aislados.

Finalmente, estos hallazgos respaldan la capacidad y responsabilidad técnica del equipo del LMHAL para detectar e identificar microorganismos resistentes, contribuyendo a la implementación de medidas de control de infecciones, el uso racional de antimicrobianos y a la toma de decisiones clínicas basadas en evidencias. Así mismo, la reducida cantidad de personal profesional y logística, son limitantes para implementar exitosamente pruebas como el Test de Blue Carba.

RECOMENDACIONES

Se sugiere incorporar un mayor número de cepas al estudio, un periodo de estudio más prolongado, además de la búsqueda de otros genes de resistencia con el propósito de conocer la evolución epidemiológica de las bacterias MDR en el ámbito hospitalario.

Implementar técnicas de diagnóstico molecular y proteómico para la identificación y determinación del mecanismo de resistencia, de esa forma lograr un menor tiempo de entrega de resultados, mayor porcentaje de confiabilidad y concordancia en el LMHAL.

Fortalecer los programas de optimización de antimicrobianos (PROA) para evitar el uso inadecuado de estos y reducir la estancia hospitalaria, reducir costos y mejorar el manejo clínico de los pacientes del HAL.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Antimicrobial resistance [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020 Oct 13 [cited 2026 Jul 14]. Available from: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance
2. Quispe-Pari F, Kong-Paravicino C, Eguiluz M, Hurtado-Alegre J, Acosta J. Prevalencia de bacterias multidrogoresistentes en un hospital público ubicado en la sierra del Perú [Internet]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2023. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12959/4613
3. Grossman JM, Thompson DK. Clinically Significant Carbapenemases in Gram-Negative Pathogens: Molecular Diversity and Advances in β-Lactamase Inhibitor Therapy. Antibiotics (Basel). 2026;15(4):413. doi:10.3390/antibiotics15040413.
4. Instituto Nacional de Salud. Reporte técnico del Programa de Evaluación Externa del Desempeño en Microbiología y Resistencia Antimicrobiana (PEED-BACLI), 2024. Lima: Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Salud Pública, Laboratorio Nacional de Referencia de Bacteriología Clínica; 2024.
5. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, et al. Guidelines for reporting reliability and agreement studies (GRRAS) were proposed. J Clin Epidemiol. 2011;64(1):96-106. doi:10.1016/j.jclinepi.2010.03.002.
6. Martinez Acurio A. Mapa microbiológico 2025 [Documento institucional]. Cusco: Hospital Antonio Lorena; 2025.
7. Philippon A, Slama P, Dény P, Labia R. A Structure-Based Classification of Class A β-Lactamases, a Broadly Diverse Family of Enzymes. Clinical Microbiology Reviews. 2016 Jan;29(1):29–57.
8. Sacsaquispe-Contreras R, Bailón-Calderón H. Identificación de genes de resistencia a carbapenémicos en enterobacterias de hospitales de Perú, 2013-2017. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2018 [citado 13 jul 2026];35(2):259-64. Disponible en: https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3829
9. Koroska F, Göttig S, Kaase M, Steinmann J, Gatermann S, Sommer J, et al. Comparison of phenotypic tests and an immunochromatographic assay and development of a new algorithm for detection of OXA-48-like carbapenemases. J Clin Microbiol. 2017;55(3):877-883. doi:10.1128/JCM.01929-16.
10. Cimen C, Siemer P, Sattler J, Voss A, Berends MS, Hamprecht A. Performance of disk diffusion, gradient test, and VITEK 2 for carbapenem susceptibility testing in OXA-48-like carbapenemase-producing Enterobacterales: a comparative study. J Clin Microbiol. 2025;63(5):e01893-24. doi:10.1128/JCM.01893-24.
11. Humphries RM, Green DA, Schuetz AN, Bergman Y, Lewis S, Yee R, et al. Multicenter evaluation of colistin broth disk elution and colistin agar test: a report from the Clinical and Laboratory Standards Institute. J Clin Microbiol. 2019;57(11). doi:10.1128/JCM.01269-19.
12. Hospital Antonio Lorena. Cuaderno de registro de resultados para cultivos microbiológicos [Registro institucional]. Cusco: Hospital Antonio Lorena; 2026.
13. Ministerio de Salud. Sistema NetLab [Base de datos]. Lima: Ministerio de Salud; 2026.
14. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 36th ed. CLSI supplement M100. Wayne (PA): Clinical and Laboratory Standards Institute; 2026.
15. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33(1):159-174. doi:10.2307/2529310.
16. Gao N, Zhou J, Li G, Liu R, Lu G, Shen J. Methodological Evaluation of Carbapenemase Detection by Different Methods. Pol J Microbiol. 2024. 73(3):383-394. doi 10.33073/pjm-2024-034.
17. Angles-Yanqui E, Huaringa-Marcelo J, Sacsaquispe-Contreras R, Pampa-Espinoza L. Panorama de las carbapenemasas en Perú. Rev Panam Salud Publica. 2020. 44:e61. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7498286/