

Costo asociado a las infecciones por bacilos gram negativos resistentes a carbapenémicos en pacientes hospitalizados en una institución de tercer nivel de complejidad de Manizales, 2021-2023

Jorge Andrés Hurtado-Mayor^{1,*}, Sofía Orozco-Orrego², Diego Alfonso Sánchez-Rodríguez³

Resumen

Introducción: Las infecciones por bacilos gramnegativos resistentes a carbapenémicos se asocian con alta mortalidad, estancias prolongadas y elevados costos hospitalarios. En Colombia la evidencia económica es escasa, especialmente en instituciones de alta complejidad. El objetivo de este estudio fue estimar los costos de estancia hospitalaria y tratamiento de infecciones por bacilos gramnegativos resistentes a carbapenémicos en un hospital universitario de tercer nivel en Manizales, entre 2021-2023.

Materiales y métodos: Estudio observacional, retrospectivo y descriptivo-analítico con muestreo tipo censo. De 125 pacientes identificados, 75 cumplieron criterios de inclusión. Se analizaron variables sociodemográficas, clínicas, microbiológicas y farmacológicas. El análisis económico se realizó desde la perspectiva institucional, considerando costos directos de estancia y antibióticos, ajustados a pesos colombianos de 2024.

Resultados: La edad media fue $62,0 \pm 1,8$ años; 56,0 % hombres. El 82,7 % requirió unidad de cuidados intensivos, con estancias de $25,0 \pm 23,2$ días en cuidados intensivos y $24,6 \pm 30,1$ en sala general. Los principales agentes fueron *Klebsiella pneumoniae* (56,0 %) y *Pseudomonas aeruginosa* (16,0 %). El antibiótico dirigido más usado fue ceftazidima/avibactam (49,3 %), con la mayor carga de costos. Los costos anuales totales fueron \$2.724,7 millones (2021), \$3.265,1 millones (2022) y \$2.457,6 millones (2023). El costo promedio por paciente disminuyó de \$216,6 a \$86,1 millones. Las infecciones por carbapenemasa tipo KPC tuvieron mayores costos que las no tipificadas.

Discusión: Las infecciones por bacilos gramnegativos resistentes a carbapenémicos generan una carga clínica y económica considerable, asociada al uso de antibióticos de última línea y a la atención en cuidados intensivos. Los resultados ofrecen evidencia local para orientar la gestión hospitalaria y las políticas de control antimicrobiano.

Palabras clave: bacilos Gramnegativos; resistencia a carbapenémicos; costos de la atención en salud.

Cost associated with carbapenem-resistant gram-negative bacilli infections in patients hospitalized in a tertiary institution in Manizales, 2021-2023

Abstract

Introduction: Infections caused by carbapenem-resistant gram-negative bacilli are associated with high mortality, prolonged hospital stays, and elevated hospital costs. Economic evidence for Colombia is scarce, particularly for high-complexity institutions. This study aimed to estimate hospital stay and treatment costs of infections caused by carbapenem-resistant gram-negative bacilli in a tertiary university hospital in Manizales, Colombia, between 2021 and 2023.

Materials and methods: An observational, retrospective, descriptive-analytical study was conducted using a census sampling approach. Of 125 identified patients, 75 met inclusion criteria. Sociodemographic, clinical, microbiological, and pharmacological variables were extracted. Economic analysis was performed from the institutional perspective, considering the direct costs of hospitalization and antibiotics, adjusted to 2024 Colombian pesos.

Results: The mean age was 62.0 ± 1.8 years, and 56.0% of the patients were men. A total of 82.7% required intensive care, with mean stays of 25.0 ± 23.2 days in intensive care and 24.6 ± 30.1 days in general wards. The most frequent isolates were *Klebsiella pneumoniae* (56.0%) and *Pseudomonas aeruginosa* (16.0%). Cef-tazidime/avibactam was the most frequently used targeted antibiotic (49.3%), accounting for the highest costs. The annual total costs were 2,724.7 million (2021), 3,265.1 million (2022), and 2,457.6 million (2023) Colombian pesos. The average cost per patient decreased from 216.6 million to 86.1 million. Infections due to KPC-producing strains showed higher antibiotic costs than non-typed strains.

Discussion: Infections caused by carbapenem-resistant gram-negative bacilli generate considerable clinical and economic burden, which is mainly linked to last-line antibiotic use and intensive care. These findings provide local evidence to support hospital management and antimicrobial stewardship policies.

Keywords: Gram-negative bacilli; carbapenem resistance; health care costs

1 Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-2433-3937>

2 Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. <https://orcid.org/0009-0000-8586-2037>

3 Departamento de Infectología, S.E.S. Hospital Universitario de Caldas. Manizales, Colombia. Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4840-8377>

* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: jorge.hurtado56559@ucaldas.edu.co

Recibido: 06/09/2025; Aceptado: 26/01/2026

Cómo citar este artículo: J.A. Hurtado-Mayor, et al. Costo asociado a las infecciones por bacilos gram negativos resistentes a carbapenémicos en pacientes hospitalizados en una institución de tercer nivel de complejidad de Manizales, 2021-2023. Infectio 2026; 30(2): 142-148

Introducción

La resistencia antimicrobiana es un fenómeno de creciente preocupación para la salud pública, con impacto clínico, epidemiológico y económico en distintos niveles de atención^{1,2}. Diversos informes internacionales han documentado el aumento sostenido de las infecciones por microorganismos resistentes y su asociación con mayor morbilidad, mortalidad y consumo de recursos sanitarios³. En Estados Unidos, el informe de los Centers for Disease Control and Prevention (CDC) estima que las infecciones por bacterias resistentes representan una carga importante para el sistema de salud y se asocian con un incremento significativo en los costos del tratamiento⁴.

En el contexto de los bacilos Gram negativos, microorganismos como *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter* spp. destacan por su capacidad para desarrollar resistencia a múltiples familias de antibióticos. Entre estos mecanismos, la resistencia a los carbapenémicos se considera especialmente preocupante, por su frecuencia y por la limitación de alternativas terapéuticas que implica⁵⁻⁷. Estas infecciones suelen requerir antibióticos de última línea, estancias prolongadas y mayores recursos diagnósticos y de soporte, con el consiguiente incremento de los costos directos de la atención^{4,12,13}.

Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) han señalado la resistencia antimicrobiana como una amenaza prioritaria para la salud pública global y han llamado a fortalecer la vigilancia, la prevención y el uso racional de los antibióticos, así como a optimizar el manejo de los pacientes infectados por bacterias resistentes^{8,14}.

A pesar de esta preocupación, la literatura internacional sobre costos asociados a infecciones por bacilos Gram negativos resistentes presenta una notable heterogeneidad en términos de diseño, desenlaces económicos analizados y tipos de costos incluidos (directos e indirectos), lo que dificulta la comparación entre estudios y limita la posibilidad de extrapolar resultados entre contextos¹⁵.

En América Latina, los datos disponibles indican que las infecciones por bacilos Gram negativos resistentes contribuyen de forma importante al uso de antibióticos de amplio espectro y al aumento de los costos hospitalarios, en un entorno de recursos limitados y brechas en la vigilancia microbiológica¹². En Colombia, los estudios de Vargas-Alzate et al. han documentado el impacto económico de estas infecciones en instituciones de alta complejidad: uno de ellos evaluó los costos médicos directos de las infecciones del tracto urinario por bacilos Gram negativos resistentes a betalactámicos en un hospital de Medellín², y otro describió los costos excesivos asociados con neumonía, bacteriemia, infecciones del sitio operatorio e infecciones intraabdominales causadas por bacilos Gram negativos resistentes a carbapenémicos (BGN – RC) en una región endémica¹⁶. Aunque estos trabajos aportan información relevante, se concentran en instituciones específicas y en tipos particulares de infección, de modo que aún se requiere evidencia en otros hospitales de tercer nivel del país.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue cuantificar el costo asociado a la estancia hospitalaria y al tratamiento antibiótico de las infecciones por BGN – RC en una institución de tercer nivel de complejidad en Manizales entre 2021 y 2023, y describir las características sociodemográficas, clínicas y microbiológicas de los pacientes afectados.

Materiales y métodos

Tipo y diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio observacional, retrospectivo y descriptivo, con análisis exploratorio de tendencias temporales, cuyo propósito fue caracterizar las variables sociodemográficas, clínicas y microbiológicas de los pacientes con infecciones causadas por BGN-RC, así como estimar el costo asociado a su estancia hospitalaria y al tratamiento antibiótico. El diseño fue no experimental, dado que no se manipuló ninguna variable ni se incluyó un grupo de comparación.

Lugar y periodo del estudio

La investigación se realizó en el S.E.S. Hospital Universitario de Caldas, institución de tercer nivel de complejidad ubicada en Manizales, Colombia, entre el 1 de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023. Este hospital cuenta con aproximadamente 480 camas habilitadas y registra en promedio 25.000 hospitalizaciones anuales. Asimismo, constituye el principal centro de referencia para la región del Eje Cafetero, recibiendo pacientes no solo de Caldas sino también de departamentos vecinos. La institución reporta una tasa de infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS) cercana al 5-7%, lo que la convierte en un escenario representativo para evaluar el impacto clínico y económico de este tipo de infecciones en instituciones de alta complejidad.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por todos los pacientes hospitalizados en el periodo mencionado con diagnóstico confirmado microbiológicamente de infección por BGN – RC (n = 125). Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, la muestra final quedó constituida por 75 pacientes. El muestreo fue de tipo censo, ya que se incluyeron todos los casos disponibles que cumplían los criterios de elegibilidad. No se incluyó un grupo de comparación de pacientes sin infección o con infecciones por microorganismos sensibles; por tanto, el análisis se limita a describir las características y los costos observados en la cohorte de pacientes con BGN resistentes a carbapenémicos. Se reconoce que este tamaño muestral puede ser considerado limitado para algunos análisis estadísticos, lo cual se señala en la discusión como una limitación metodológica.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos, con diagnóstico confirmado de infección por BGN – RC, adquirida en la comunidad o durante la hospitalización. Se excluyeron las pacientes gestantes, los casos clasificados como colonización y aquellos registros clínicos con informa-

ción incompleta en variables críticas como la evolución clínica, los resultados microbiológicos, la duración de la estancia o los costos de antibióticos.

Procedimientos de recolección de datos

La identificación de los casos se realizó a través de la plataforma WHONET, que consolida los registros microbiológicos institucionales. Posteriormente, la información fue verificada y complementada mediante la revisión detallada de las historias clínicas. Para reducir sesgos de información, la verificación fue realizada de manera independiente por dos investigadores, empleando definiciones estandarizadas para las variables clínicas, microbiológicas y de costos. La base final incluyó información sociodemográfica, clínica, microbiológica, farmacológica y económica.

Variables y técnicas de medición

Las variables sociodemográficas incluyeron edad, sexo, régimen de afiliación, zona de residencia y servicio hospitalario de estancia. Las variables clínicas contemplaron las comorbilidades registradas en la historia clínica, el motivo de ingreso, la necesidad de hospitalización en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), el uso de ventilación mecánica, la presencia de dispositivos invasivos (catéter venoso central, sonda vesical y otros dispositivos), el foco de infección, el microorganismo aislado y el mecanismo de resistencia. También se registraron el tipo de tratamiento antibiótico (empírico y dirigido), el número de antibióticos utilizados, la duración del tratamiento, la estancia hospitalaria en días y el desenlace al egreso (vivo o fallecido). Para cada paciente se estimó, además, el costo de la estancia hospitalaria y del tratamiento antibiótico.

Caracterización microbiológica

Los aislamientos fueron identificados mediante el sistema automatizado VITEK 2™ (bioMérieux) y analizados conforme a los criterios del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2015). La resistencia a carbapenémicos se corroboró a través de métodos fenotípicos, y en algunos casos se aplicó la prueba Carba NP para confirmar la producción de carbapenemasa.

La resistencia a carbapenémicos se definió de acuerdo con los puntos de corte de concentración mínima inhibitoria (CMI) establecidos por el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), edición 2015, para los carbapenémicos. Las CMI se determinaron mediante el sistema automatizado VITEK 2™ y los aislados clasificados como "resistentes" según las tablas de interpretación del CLSI 2015 se consideraron BGN-RC.

Análisis de costos

El análisis económico se efectuó desde la perspectiva institucional del S.E.S Hospital Universitario de Caldas, considerando únicamente costos directos médicos. Se incluyeron los costos de la estancia hospitalaria y de los antibióticos utilizados durante el episodio infeccioso, de acuerdo con las tarifas vigentes del manual tarifario institucional y con la información registrada en el sistema contable del hospital.

El cálculo del tratamiento dirigido se realizó con la metodología de Dosis Diaria Definida (DDD), expresada como el número de ampollas utilizadas por día multiplicado por el precio unitario del antibiótico. Se consideró exclusivamente la vía intravenosa, dado que constituye el estándar de manejo en infecciones graves hospitalarias. El costo de hospitalización se calculó en función del número de días de estancia y del nivel de complejidad del servicio (sala general o UCI). En los casos de IAAS, el conteo de días se realizó desde la fecha de diagnóstico consignada en la historia clínica. En el caso de pacientes que permanecieron hospitalizados por otras patologías, se contabilizaron los costos correspondientes al periodo comprendido entre la fecha de diagnóstico de la infección por bacilos Gram negativos resistentes a carbapenémicos y el alta o el fallecimiento. De esta manera se describen los costos observados durante el episodio infeccioso, sin atribuirlos de forma exclusiva a la infección ni estimar el exceso de costo frente a otros grupos de pacientes.

No se consideraron costos indirectos, tales como servicios administrativos generales, pérdida de productividad u otros tratamientos farmacológicos o procedimientos no relacionados de forma directa con la estancia hospitalaria y el uso de antibióticos. Todos los valores fueron ajustados a pesos constantes de 2024 mediante el Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV), en concordancia con prácticas nacionales de estandarización en salud. Para reducir el efecto de valores extremos se aplicó una media recortada al 5 %. Finalmente, con fines comparativos internacionales, los costos se expresaron también en dólares estadounidenses (USD), utilizando la tasa de cambio promedio oficial de 2023 (1 USD = 4.100 COP), sin aplicar ajustes por paridad de poder adquisitivo.

Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se efectuó con SPSS versión 29. Las variables cualitativas se describieron mediante frecuencias absolutas y relativas, y las asociaciones se evaluaron con la prueba de chi-cuadrado (χ^2) de Pearson. Las variables cuantitativas, se resumieron con medias y desviaciones estándar (DE), y se compararon mediante las pruebas no paramétricas U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis. Se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. Dado el tamaño muestral y la naturaleza observacional del estudio, los análisis se consideraron de carácter descriptivo y exploratorio. Los resultados desagregados por foco de infección, así como los costos y la duración del tratamiento según foco, se presentan en tablas adicionales incluidas como material suplementario (Tablas suplementarias 1 y 2).

Resultados

Se analizaron 75 registro clínicos de pacientes hospitalizados con infección por BGN-RC entre 2021 y 2023. La edad media fue de 62,0 años (DE 1,8); el 56,0 % fueron hombres y el 44,0 % mujeres. El 92,0 % procedía de zona urbana y el 60,0 % pertenecía al régimen contributivo.

Entre las comorbilidades, la hipertensión arterial fue la más frecuente (52,0 %), seguida de diabetes mellitus (16,0 %) y enfermedad renal crónica (9,3 %). El 21,3 % cursaba con inmunosupresión; dentro de este subgrupo predominaron los tumores sólidos (46,7 %), seguidos por terapia biológica, VIH/SIDA y neoplasias hematológicas.

Durante la hospitalización, el 82,7 % de los pacientes requirió ingreso a UCI. La estancia media en UCI fue de 25,0 días (DE 23,2) y en sala general de 24,6 días (DE 30,1). El uso de dispositivos invasivos fue considerable. El uso de algún catéter venoso central fue del 66,7 % y de sonda vesical del 65,3 %.

La mayoría de los pacientes (98,7 %) recibieron antibióticos antes del aislamiento microbiológico específico. El número medio de antibióticos prescritos fue 3,3 (DE 1,7), ligeramente mayor en hombres (3,4 antibióticos) que en mujeres (3,1 antibióticos). Los prescritos con mayor frecuencia fueron piperacilina/tazobactam 70,3 %, carbapenémicos 58,1 % y cefalosporinas de 3.^a/4.^a generación 41,9 %. Las principales características sociodemográficas, clínicas, microbiológicas y del tratamiento antibiótico previo se resumen en la Tabla 1.

El foco de infección predominante fue el intraabdominal (36,0 %), seguido de torrente sanguíneo (26,7 %) y pulmonar (21,3 %). Los focos urinario, piel y tejidos blandos, herida postoperatoria, hueso y otros fueron menos frecuentes (Tabla suplementaria 1, material suplementario). El reingreso a 90 días se registró en 6,7 % y la mortalidad global fue 23,0 %.

En el análisis microbiológico, *Klebsiella pneumoniae* fue el aislamiento más común (56,0 %), seguido por *Pseudomonas aeruginosa* (16,0 %) y *Escherichia coli* (12,0 %). El 61,3 % correspondió a carbapenemasa tipo KPC, mientras que el 37,3 % presentó prueba Carba NP positiva sin tipificación enzimática específica.

En el tratamiento dirigido, ceftazidima/avibactam fue el antibiótico más utilizado (49,3 %), seguido de tigeciclina 16,0 % y ciprofloxacina 14,7 %. La duración media del tratamiento fue de 5,1 días con ceftazidima/avibactam, 2,7 días con tigeciclina y 2,1 días con ciprofloxacina. En términos de costos, ceftazidima/avibactam representó la mayor carga económica, mientras que amikacina registró los valores más bajos (Tabla 2).

Al analizar por foco de infección, la bacteriemia tratada con ceftazidima/avibactam presentó los costos más altos y mayor duración del tratamiento; en contraste, los focos pulmonares y urinarios mostraron cifras menores. Con tigeciclina, el foco intraabdominal concentró más días y mayor gasto (Tabla suplementaria 2, material suplementario).

Los costos hospitalarios ajustados a COP constantes de 2024 variaron durante el periodo. Para estancia, los totales fueron \$ 2.539,0 millones (2021), \$ 3.033,0 millones (2022) y \$ 2.193,0 millones (2023). Para antibióticos, \$ 185,7 millones (2021),

Tabla 1. Características sociodemográficas, clínicas y microbiológicas de los pacientes con infecciones por BGN-RC.

Característica	Total (n = 75)
Variables sociodemográficas	
Edad, años, media (DE)	62,0 (1,8)
Hombres, n (%)	42 (56,0)
Mujeres, n (%)	33 (44,0)
Residencia urbana, n (%)	69 (92,0)
Residencia rural, n (%)	6 (8,0)
Régimen contributivo, n (%)	45 (60,0)
Otros regímenes, n (%)	30 (40,0)
Comorbilidades	
Hipertensión arterial, n (%)	39 (52,0)
Diabetes mellitus, n (%)	12 (16,0)
Enfermedad renal crónica, n (%)	7 (9,3)
Inmunosupresión, n (%)	16 (21,3)
Variables clínicas y de estancia	
Ingreso a UCI, n (%)	62 (82,7)
Estancia en UCI, días, media (DE)	25,0 (23,2)
Estancia en sala general, días, media (DE)	24,6 (30,1)
Dispositivos invasivos	
Catéter venoso central, n (%)	50 (66,7)
Sonda vesical, n (%)	49 (65,3)
Tratamiento antibiótico previo al aislamiento	
Algún antibiótico previo, n (%)	74 (98,7)
Número de antibióticos previos, media (DE)	3,3 (1,7)
Piperacilina/tazobactam, n (%)	53 (70,3)
Carbapenémicos, n (%)	44 (58,1)
Cefalosporinas de 3. ^a /4. ^a generación, n (%)	31 (41,9)
Características microbiológicas	
<i>Klebsiella pneumoniae</i> , n (%)	42 (56,0)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , n (%)	12 (16,0)
<i>Escherichia coli</i> , n (%)	9 (12,0)
Otros bacilos gramnegativos, n (%)	12 (16,0)
Carbapenemasa tipo KPC, n (%)	46 (61,3)
Carba NP positiva sin tipificación, n (%)	28 (37,3)
Otro mecanismo/no disponible, n (%)	1 (1,3)
Desenlaces	
Reingreso a 90 días, n (%)	5 (6,7)
Mortalidad hospitalaria, n (%)	17 (23,0)

Fuente: elaboración propia.

BGN-RC: bacilos gramnegativos resistentes a carbapenémicos; UCI: Unidad de Cuidados Intensivos; DE: desviación estándar.

Tabla 2. Antibiótico dirigido y costo promedio (media recortada al 5 %) en COP en pacientes con BGN-RC.

Antibiótico dirigido	n	%	Costo (media recortada al 5 %)
Ceftazidima/avibactam	37	49,3	\$ 6.502.011
Tigeciclina	12	16,0	\$ 586.668
Ciprofloxacina	11	14,7	\$ 16.998
Amikacina	8	10,7	\$ 6.079
Polimixina B	6	8,0	\$ 20.295
Aztreonam	1	1,3	\$ 8.240
Total	75	100,0	

Fuente: elaboración propia. BGN-RC: bacilos gramnegativos resistentes a carbapenémicos; COP: peso colombiano.

Los costos corresponden a medias recortadas al 5 %.

\$ 231,5 millones (2022) y \$ 264,1 millones (2023). El costo total anual por eventos fue de \$ 2.724,7 millones en 2021, \$ 3.265,1 millones en 2022 y \$ 2.457,6 millones en 2023. El costo promedio por paciente descendió de \$ 216,6 millones en 2021 a \$ 86,1 millones en 2023 (Tabla 3).

Se observaron diferencias en los costos de antibióticos según el microorganismo aislado (Tabla 4). Con ceftazidima/avibactam, *E. coli* y *K. pneumoniae* tuvieron costos superiores a *P. aeruginosa*; con amikacina, los costos fueron más altos en infecciones por *P. aeruginosa*; y con ciprofloxacina, nuevamente *P. aeruginosa* mostró los valores más elevados.

En cuanto al mecanismo de resistencia, las infecciones por KPC generaron mayores costos de antibióticos que aquellas sin patrón identificado (\$ 10.555.060 vs \$ 3.713.740; $p < 0,001$). En el análisis de mortalidad, los pacientes fallecidos recibieron más antibióticos en promedio (4,17 vs 3,01; $p = 0,009$), sin diferencias significativas en el costo total de antibióticos (\$ 7.663.679 vs \$ 7.557.817).

Discusión

La resistencia a los antimicrobianos, en particular en los BGN-RC, constituye una amenaza creciente para la salud pública, con implicaciones clínicas y económicas relevantes¹⁻³. En este estudio se cuantificó la carga económica asociada a estas infecciones en una institución colombiana de alta complejidad, aportando evidencia local que complementa la literatura internacional. Se observó que los costos hospitalarios estuvieron relacionados con el microorganismo aislado, la localización del foco infeccioso, la necesidad de antibióticos de última línea y las condiciones clínicas de los pacientes. Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Santajit et al., quienes señalaron que la prolongación de la estancia hospitalaria y el uso de terapias avanzadas incrementan sustancialmente los costos de estas infecciones⁵. Si bien se observó que los pacientes con BGN-RC generan costos elevados, la ausencia de un grupo de comparación no permite estimar el exceso de costo atribuible a la resistencia frente a infecciones por cepas sensibles o a pacientes sin infección.

En contraste con los reportes de Cecchini et al., centrados en países del G7¹, este análisis contextualiza los desafíos de sistemas de salud en entornos con recursos limitados, donde el acceso a terapias especializadas es menor y la gestión de recursos debe ser más precisa². Esto refuerza la necesidad de fortalecer programas de control y prevención de infecciones en hospitales de referencia.

El perfil clínico de los pacientes incluyó edad avanzada, comorbilidades crónicas y uso frecuente de dispositivos invasivos, factores previamente descritos por Palacios-Baena et al. y por el metaanálisis de Aliyu et al., quienes confirmaron su importancia en distintos niveles de atención^{17,18}. Asimismo, la identificación de *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa* como principales agentes, especialmente en presencia de carbapenemasa tipo KPC, coincide con lo descrito por Park et al., quienes reportaron prevalencias similares en Corea del Sur²⁰.

En cuanto al comportamiento de los costos, se evidenció una reducción del costo promedio anual por evento entre 2021 y 2023. Este hallazgo podría reflejar la mejora en las estrategias de manejo clínico y en la racionalización del uso de antimicrobianos. No obstante, la interpretación debe ser cautelosa, ya que factores contextuales como la pandemia de COVID-19 pudieron haber influido en los años iniciales del periodo, aumentando la estancia hospitalaria y el uso de antibióticos; sin embargo, dado que esta variable no se incluyó en el diseño del estudio, su impacto no puede establecerse de forma em-

Tabla 3. Costos ajustados anuales de estancia hospitalaria y antibióticos en infecciones por BGN-RC (2021-2023).

Costo total ajustado anual de tratamiento antibiótico	
	Costo total ajustado (COP)
Total tratamiento 2021	\$ 185.722.770
Total tratamiento 2022	\$ 231.526.591
Total tratamiento 2023	\$ 264.136.461
Costo total ajustado anual (estancia hospitalaria + antibióticos)	
	Costo total ajustado (COP)
Total costo evento 2021	\$ 2.724.715.380
Total costo evento 2022	\$ 3.265.055.791
Total costo evento 2023	\$ 2.457.550.254
Costo promedio anual por evento	
	Costo total ajustado (COP)
Costo promedio anual por evento 2021	\$ 216.598.094
Costo promedio anual por evento 2022	\$ 169.782.901
Costo promedio anual por evento 2023	\$ 86.067.223

Fuente: elaboración propia.

Valores en COP constantes de 2024; equivalentes en USD calculados con la tasa promedio de 2023 (1 USD = 4.100 COP).

Nota: El costo total ajustado anual por evento incluye estancia hospitalaria y antibióticos. El costo promedio anual por evento corresponde al costo total anual dividido por el número de eventos de cada año.

pírica y se plantea únicamente como hipótesis a explorar en futuras investigaciones. Los costos de procedimientos quirúrgicos, insumos y otros fármacos no se incluyeron porque la información no estaba disponible de forma sistemática en las bases administrativas; por ello, las cifras reportadas probablemente subestiman el costo total de estos episodios.

Los antibióticos de última línea, en particular ceftazidima/avibactam, representaron los mayores costos, lo que coincide con lo reportado por Imai et al., quienes evidenciaron incrementos significativos en comparación con infecciones sensibles²³. Estudios regionales en América Latina también han reportado costos elevados por estancia hospitalaria y antibióticos de amplio espectro²⁴, comparables con los observados en este análisis. Las infecciones pulmonares e intraabdominales concentraron la mayor carga económica, asociadas con estancias más prolongadas y mayor frecuencia de ingreso a UCI, similar a lo documentado por Nelson et al.²⁵ y Zhu et al.²⁶.

En el contexto colombiano, Vargas-Alzate et al. describieron un exceso de costos en infecciones urinarias por bacilos Gram negativos resistentes a betalactámicos y, en particular, a carbapenémicos frente a cepas sensibles². A diferencia de ese trabajo, centrado exclusivamente en infecciones del tracto urinario, nuestra cohorte incluyó múltiples focos infecciosos (intraabdominales, pulmonares, de tejidos blandos, urinarios y bacteriemias), que representan escenarios clínicos de mayor complejidad. En este estudio, el costo promedio por episodio descendió de \$ 216,6 millones en 2021 a \$ 86,1 millones en 2023, cifras que, aunque no son directamente comparables con las de Vargas-Alzate et al.² por las diferencias en la perspectiva analítica y en los componentes de costo incluidos, sitúan a nuestra institución dentro del rango alto de costos reportado en la literatura colombiana. Aunque en esta serie las infecciones urinarias fueron menos frecuentes, su análisis permitió dimensionar su peso económico relativo en comparación con otros focos de mayor complejidad clínica.

Limitaciones

Este estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, su diseño observacional retrospectivo lo hace susceptible a sesgos de información y de selección, propios del uso de bases de datos administrativas e historias clínicas. En segundo lugar, solo se consideraron los costos de estancia hospitalaria y de antibióticos de uso sistémico, sin incluir procedimientos quirúrgicos, insumos u otros fármacos, de modo que los valores reportados probablemente subestiman el costo total de estos episodios. En tercer lugar, no se realizó un análisis multivariado que permitiera ajustar por potenciales factores de confusión clínicos y asistenciales. Finalmente, el estudio no contó con un grupo control de pacientes con infecciones por cepas sensibles ni de pacientes sin infección, por lo que no es posible estimar el exceso de costo atribuible a la resistencia; las cifras presentadas corresponden únicamente a los costos observados en esta cohorte de pacientes con BGN-RC en una sola institución de tercer nivel, lo que limita la generalización de los resultados a otros contextos.

Tabla 4. Comparación de costos medios de antibióticos según microorganismo aislado en pacientes con BGN-RC.

	Ceftazidima/ avibactam	Amikacina	Ciprofloxacina
	p= 0,035 ^	p= 0,040 ^	p= 0,002 ^
BGN-RC	Costo promedio recortado 5%		
<i>Escherichia coli</i>	\$ 10.453.180	\$ 12.330	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	\$ 8.437.141	\$ 1.585	\$ 5.156
<i>Enterobacter cloacae complex</i>	\$ 7.927.564	\$ 8.655	\$ 17.990
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	\$ 1.210.390	\$ 19.417	\$ 72.819

Fuente: elaboración propia.

BGN-RC: bacilos gramnegativos resistentes a carbapenémicos; COP: peso colombiano. Se presentan medias recortadas al 5 %.

Para cada antibiótico se compararon los costos entre microorganismos aislados (Kruskal-Wallis con corrección de Dunn-Bonferroni^Δ).

Nota: El guion (-) indica que no se registraron tratamientos con ese antibiótico para el microorganismo correspondiente

Validez externa

La generalización de estos hallazgos debe ser considerada con precaución. Los resultados corresponden a un hospital universitario de alta complejidad en la región andina colombiana, con características de referencia y una tasa de infecciones intrahospitalarias del 5-7 %. Aunque son comparables con datos reportados en instituciones de similar complejidad en América Latina, pueden no ser extrapolables a hospitales de menor nivel, instituciones privadas o entornos rurales con recursos distintos. Futuras investigaciones multicéntricas permitirán valorar la aplicabilidad de los resultados en otros contextos nacionales e internacionales.

En conclusión, las infecciones por BGN-RC en esta institución se asociaron con estancias prolongadas, uso frecuente de antibióticos de última línea y costos hospitalarios elevados, especialmente en pacientes con compromiso crítico y en ciertos focos infecciosos. Se observó, además, una reducción progresiva del costo promedio por episodio entre 2021 y 2023; sin embargo, el diseño retrospectivo y la ausencia de información sobre posibles factores organizacionales o asistenciales no permite atribuir esta tendencia a causas específicas. Este estudio aporta información adicional sobre los costos directos de las infecciones por BGN-RC en un hospital universitario de alta complejidad en Colombia, complementa la evidencia disponible y puede ser útil para la planificación de recursos y programas de control antimicrobiano.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales. El protocolo de este estudio fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Caldas (Acta No. 006 de 30 de septiembre de 2024). Dado su carácter retrospectivo

y el uso de fuentes secundarias, el comité clasificó la investigación como de riesgo menor al mínimo de acuerdo a la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud.

Protección de población vulnerable. Este estudio no incluyó poblaciones vulnerables.

Confidencialidad. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Privacidad. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos que permitan la identificación de los pacientes.

Financiación. Fuentes de financiación propias.

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Agradecimientos. Los autores agradecen al S.E.S. Hospital Universitario de Caldas y al programa de Especialización en Epidemiología de la Universidad de Caldas por su apoyo logístico y por su contribución a la estructuración del estudio.

Declaración sobre uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron inteligencia artificial generativa ni herramientas asistidas por IA en la elaboración de este manuscrito.

Contribución de los autores. Conceptualización: J.A.H.M., S.O.O.; Curación de datos: J.A.H.M., S.O.O.; Análisis formal: J.A.H.M., S.O.O.; Metodología: J.A.H.M., S.O.O.; Supervisión: D.A.S.R.; Validación: J.A.H.M., S.O.O., D.A.S.R.; Escritura - borrador original: J.A.H.M., S.O.O., D.A.S.R.; Redacción: revisión y edición: J.A.H.M., S.O.O., D.A.S.R. Todos los autores contribuyeron, leyeron y aprobaron la versión del manuscrito enviado.

Referencias

- Cecchini M, Langer J, Slawomirski L. Antimicrobial Resistance in G7 Countries and Beyond: Economic Issues, Policies and Options for Action [Internet]. OECD. 2015. p. 1–75. Disponible en: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/G/G7/OECD_AMRReport_G7.pdf
- Vargas-Alzate CA, Higuera-Gutiérrez LF, Jiménez-Quiceno JN. Costos médicos directos de las infecciones del tracto urinario por bacilos Gram negativos resistentes a betalactámicos en un hospital de alta complejidad de Medellín, Colombia. *Biomédica* [Internet]. el 1 de mayo de 2019;39:35–49. doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v39i1.3981>
- World Health Organization. Antimicrobial Resistance: Global Report on Surveillance [Internet]. World Health Organization. 2014. p. 1–256. Disponible en: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/112642/9789241564748_eng.pdf?sequence=1
- Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic Resistance Threats in the United States [Internet]. Atlanta, GA: U.S.: U.S. Department of Health and Human Services; 2019. Disponible en: <https://ndc.services.cdc.gov/wp-content/uploads/Antibiotic-Resistance-Threats-in-the-United-States-2019.pdf>
- Santajit S, Indrawattana N. Mechanisms of Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. *Biomed Res Int* [Internet]. 2016;1–8. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/2475067>
- Dadgostar P. Antimicrobial Resistance: Implications and Costs. *Infect Drug Resist* [Internet]. diciembre de 2019;12:3903–10. doi: <https://doi.org/10.2147/IDR.S234610>
- Organización Mundial de la Salud. Organización mundial de la salud. 2017. La OMS publica lista de bacterias para las que se necesitan con urgencia nuevos antibióticos. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>
- Teng J, Imani S, Zhou A, Zhao Y, Du L, Deng S, et al. Combatting resistance: Understanding multi-drug resistant pathogens in intensive care units. *Biomedicine & Pharmacotherapy* [Internet]. noviembre de 2023;167:1–18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115564>
- Zhen X, Stålsby Lundborg C, Sun X, Zhu N, Gu S, Dong H. Economic burden of antibiotic resistance in China: a national level estimate for inpatients. *Antimicrob Resist Infect Control* [Internet]. 2021;10(1):5. doi: <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00872-w>
- Cassini A, Höglberg LD, Plachouras D, Quattrocchi A, Hoxha A, Simonsen GS, et al. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2019;19(1):56–66. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1473309918306054>
- Tansarli GS, Karageorgopoulos DE, Kapaskelis A, Falagas ME. Impact of antimicrobial multidrug resistance on inpatient care cost: an evaluation of the evidence. *Expert Rev Anti Infect Ther* [Internet]. 2013;11(3):321–31. doi: <https://doi.org/10.1586/eri.13.4>
- Hernandez C, Motoa G, Pallares C, Muñoz JS, Escandón-Vargas K, Alvarez C, et al. Economic Impact of Carbapenemase-Producing Enterobacteriaceae Causing Bloodstream Infections in Latin America. *Open Forum Infect Dis* [Internet]. 2015;2(suppl_1):S447. doi: <https://doi.org/10.1093/ofid/ofv133.1346>
- Cohen B, Larson EL, Stone PW, Neidell M, Glied SA. Factors Associated With Variation in Estimates of the Cost of Resistant Infections. *Med Care* [Internet]. 2010;48(9):767–75. doi: <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e3181e358b9>
- Gandra S, Barter DM, Laxminarayan R. Economic burden of antibiotic resistance: how much do we really know? *Clinical Microbiology and Infection* [Internet]. 2014;20(10):973–80. doi: <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12798>
- Organización Panamericana de la Salud. 2023. Un informe pone de relieve el aumento de la resistencia a los antibióticos en infecciones bacterianas que afectan al ser humano y la necesidad de mejorar los datos al respecto. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/9-12-2022-informe-pone-relieve-aumento-resistencia-antibioticos-infecciones-bacterianas>
- Vargas-Alzate CA, Higuera-Gutiérrez LF, López-López L, Cienfuegos-Gallet AV, Jiménez Quiceno JN. High excess costs of infections caused by carbapenem-resistant Gram-negative bacilli in an endemic region. *Int J Antimicrob Agents*. 2018;51(4):601–607. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2017.12.012>
- Palacios-Baena ZR, Giannella M, Manissero D, Rodríguez-Baño J, Viale P, Lopes S, et al. Risk factors for carbapenem-resistant Gram-negative bacterial infections: a systematic review. *Clinical Microbiology and Infection* [Internet]. 2021;27(2):228–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.10.016>
- Aliyu S, Smaldone A, Larson E. Prevalence of multidrug-resistant gram-negative bacteria among nursing home residents: A systematic review and meta-analysis. *Am J Infect Control* [Internet]. 2017;45(5):512–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.01.022>
- Bonomo RA, Burd EM, Conly J, Limbago BM, Poirel L, Segre JA, et al. Carbapenemase-Producing Organisms: A Global Scourge. *Clinical Infectious Diseases* [Internet]. 2018;66(8):1290–7. doi: <https://doi.org/10.1093/cid/cix893>
- Park Jwan, Lee H, Park SY, Kim TH. Epidemiological, clinical, and microbiological characteristics of carbapenemase-producing Enterobacteriaceae bloodstream infection in the Republic of Korea. *Antimicrob Resist Infect Control* [Internet]. 2019;8(1):1–9. doi: <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0497-3>
- Espinoza Moran AN. Impacto de la pandemia COVID 19 en las infecciones bacterianas multidrogorresistentes. *Revista Diversidad Científica* [Internet]. 2023; 3(2):161–9. doi: <https://doi.org/10.36314/diversidad.v3i2.87>
- Cordero Hernández C, González Sámamo M, González González A. Precios de los medicamentos y servicios relacionados al COVID-19 y su relación con el gasto de bolsillo. *Indiciales* [Internet]. 2023;1(6). doi: <https://doi.org/10.52906/ind.v1i6.55>
- Imai S, Inoue N, Nagai H. Economic and clinical burden from carbapenem-resistant bacterial infections and factors contributing: a retrospective study using electronic medical records in Japan. *BMC Infect Dis* [Internet]. el 29 de diciembre de 2022;22(1):581. doi: <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07548-3>
- Guzmán-Blanco M, Labarca JA, Villegas MV, Gotuzzo E. Extended spectrum β -lactamase producers among nosocomial Enterobacteriaceae in Latin America. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases* [Internet]. 2014;18(4):421–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2013.10.005>
- Nelson RE, Hatfield KM, Wolford H, Samore MH, Scott RD, Reddy SC, et al. National Estimates of Healthcare Costs Associated With Multidrug-Resistant Bacterial Infections Among Hospitalized Patients in the United States. *Clinical Infectious Diseases* [Internet]. 2021;72(Supplement_1):S17–26. doi: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1581>
- Zhu Y, Xiao T, Wang Y, Yang K, Zhou Y, Luo Q, et al. Socioeconomic Burden of Bloodstream Infections Caused by Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae. *Infect Drug Resist* [Internet]. 2021;Volume 14:5385–93. doi: <https://doi.org/10.2147/IDR.S341664>