



**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

Facultad de Ciencias  
Programa de Maestría en Microbiología

**Análisis de los mecanismos de resistencia  
antimicrobiana en microorganismos aislados de  
urocultivos y su asociación con antecedentes clínicos  
y sociodemográficos**

**LUISA FERNANDA ZANGUÑA FONSECA**

Bogotá D.C., Colombia

Diciembre de 2025

# **Análisis de los mecanismos de resistencia antimicrobiana en microorganismos aislados de urocultivos y su asociación con antecedentes clínicos y sociodemográficos**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de

**Magíster en Microbiología**  
(Modalidad de Profundización)

**LUISA FERNANDA ZANGUÑA FONSECA**  
Bacterióloga y laboratorista clínica

Directora:  
**Shirley G. Cruz Rubio**  
Bacterióloga, Esp., Mag., PhD.  
E.S.E. Hospital Universitario san Rafael de Tunja

Línea de profundización:  
Salud y bienestar

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca  
Facultad de Ciencias  
Programa de Maestría en Microbiología  
Bogotá D.C., Colombia  
Diciembre de 2025

## **Dedicatoria**

A mi familia, por su amor incondicional y apoyo constante.  
A Dios, por darme la fuerza y la sabiduría en cada paso de este camino.  
Y a todos aquellos que creyeron en mí, incluso cuando yo dudé

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido esenciales en este camino. A mi familia, por su amor incondicional y por ser mi mayor fuente de fortaleza. A mis padres, por impulsarme a crecer cada día y enseñarme a enfrentar los desafíos con serenidad. A mis hermanos, por su compañía y por recordarme que nunca estoy sola en este recorrido.

A la Doctora y amiga Shirley Cruz Rubio, por su guía, dedicación y aliento inagotable en cada etapa de este proceso, convirtiéndose en una verdadera inspiración.

Extiendo mi gratitud al Hospital Universitario San Rafael de Tunja y al Doctor Germán Francisco Pertuz González, cuyo compromiso y liderazgo han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

## Resumen

**Introducción:** Las infecciones del tracto urinario (ITU) son una de las principales infecciones asociadas a la atención en salud, con alto impacto en morbilidad, mortalidad y resistencia antimicrobiana. Entre el 20% y el 30% de las bacteriemias hospitalarias se originan en ITU. *E. coli* es el principal agente, con resistencia a fluoroquinolonas de hasta el 50% y a ciprofloxacino del 8.4% al 92.99% globalmente. Pacientes con enfermedades crónicas y vulnerabilidad socioeconómica presentan mayor riesgo, destacando la pobreza como factor clave. **Objetivo:** Analizar los mecanismos de resistencia antimicrobiana presentes en cepas bacterianas aisladas de urocultivos, y su asociación con factores clínicos y sociodemográficos en pacientes atendidos en un hospital de tercer nivel en Colombia. **Metodología:** Se realizó un estudio descriptivo, transversal y retrospectivo en un hospital de tercer nivel en Colombia durante 2023. Se analizaron urocultivos y antibiogramas a partir de fuentes secundarias, como historias clínicas (SERVINTE) y bases de datos de laboratorio (Vitek, WHONET), procesados con el software estadístico SPSS 29.0. **Resultados:** Se aislaron 1.257 microorganismos en infecciones urinarias, predominando bacterias Gram negativas. *E. coli* fue la más frecuente (62,74%), con resistencia del 27% a ciprofloxacino y 38% a trimetoprima/sulfametoxazol. *Klebsiella pneumoniae* presentó resistencia relevante, incluyendo cepas con carbapenemasas KPC y NDM. Se detectaron 130 productoras de BLEE, principalmente *E. coli*. También se identificaron especies inusuales como *Hafnia alvei* y *Citrobacter braakii*. La mayoría de casos se registraron en adultos (80,4%) y mujeres (63,5%), con diabetes e hipertensión como principales comorbilidades predisponentes. **Conclusión:** El aislamiento de microorganismos inusuales como *Hafnia alvei*, *Staphylococcus warneri*, *Serratia liquefaciens* y *Citrobacter braakii*, poco descritos como causantes de ITU, mostró resistencia a antibióticos de uso común, especialmente betalactámicos y fluoroquinolonas. Su presencia en pacientes con factores de riesgo sugiere un carácter oportunista.

**Palabras clave:** Resistencia a los antibióticos, IVU, ITU, infecciones intrahospitalarias, perfil sociodemográfico, antecedentes clínicos. Hipertensión, Diabetes, Nosocomial.

## Abstract

**Introduction:** Urinary tract infections (UTIs) are among the main healthcare-associated infections, with a high impact on morbidity, mortality, and antimicrobial resistance. Between 20% and 30% of hospital bacteremias originate from UTIs. *E. coli* is the leading causative agent, showing fluoroquinolone resistance rates of up to 50% and ciprofloxacin resistance ranging from 8.4% to 92.99% worldwide. Patients with chronic diseases and socioeconomic vulnerability are at greater risk, with poverty highlighted as a key factor. Objective: To analyze antimicrobial resistance mechanisms in bacterial strains isolated from urine cultures and their association with clinical and sociodemographic factors in patients treated at a tertiary care hospital in Colombia. **Methodology:** A descriptive, cross-sectional, and retrospective study was conducted in a tertiary hospital in Colombia during 2023. Urine cultures and antibiograms were analyzed from secondary sources, including medical records (SERVINTE) and laboratory databases (Vitek, *WHONET*), processed with SPSS software version 29.0. **Results:** A total of 1,257 microorganisms were isolated from UTIs, predominantly Gram-negative bacteria. *E. coli* was the most frequent species (62.74%), with resistance rates of 27% to ciprofloxacin and 38% to trimethoprim/sulfamethoxazole. *Klebsiella pneumoniae* exhibited significant resistance, including strains producing KPC and NDM carbapenemases. A total of 130 ESBL-producing strains were detected, mainly *E. coli*. Unusual species such as *Hafnia alvei* and *Citrobacter braakii* were also identified. Most cases occurred in adults (80.4%) and women (63.5%), with diabetes and hypertension as the main predisposing comorbidities. **Conclusion:** The isolation of unusual microorganisms such as *Hafnia alvei*, *Staphylococcus warneri*, *Serratia liquefaciens*, and *Citrobacter braakii*, rarely described as causative agents of UTIs, showed resistance to commonly used antibiotics, especially beta-lactams and fluoroquinolones. Their presence in patients with risk factors suggests an opportunistic character.

**Keywords:** Antibiotic resistance, UTI, urinary tract infection, nosocomial infections, sociodemographic profile, clinical history, hypertension, diabetes, healthcare-associated.

Tabla de contenido	
1. Introducción .....	11

1.1	Planteamiento del problema.....	13
1.2	Justificación.....	14
2.	Objetivos .....	16
2.1	Objetivo general .....	16
2.3	Objetivos específicos .....	16
3.	Marco Conceptual .....	17
3.1	Resistencia antimicrobiana: conceptos y mecanismos .....	17
3.2	Mecanismos de resistencia bacteriana .....	18
3.2.1	Alteración del sitio de acción: .....	19
3.2.2	Disminución del transporte: .....	19
3.3	Mecanismos de inactivación enzimática en bacterias Gram negativas.....	20
3.6	Enfermedades crónicas y su relación con las ITU .....	24
3.7	Factores inmunológicos y otras comorbilidades asociadas con ITU.....	25
4.	Metodología (Materiales y Métodos) .....	25
4.1	Tipo de investigación: .....	25
4.2	Fuentes de información:.....	26
4.3	Operacionalización de las variables.....	26
4.4	Criterios de Inclusión:.....	28
5.	Resultados y Discusión A partir de acá se describe todo en pasado. ....	29
5.1	Identificar los factores sociodemográficos y clínicos de los pacientes Incluidos en el estudio. ....	29
5.2.1	Patrones de susceptibilidad antimicrobiana.....	36
5.3	Asociación entre los perfiles y mecanismos de resistencia antimicrobiana de los aislados bacterianos de .....	41
6.	Conclusiones .....	49
7.	Recomendaciones y perspectivas .....	50
8.	Apropiación Social del Conocimiento y/o publicaciones .....	50
9.	Referencias.....	51
Anexos	58	

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Transferencia de genes.....	18
<b>Figura 2.</b> Mecanismos de acción de los agentes antibacterianos y de la resistencia a los mismos.....	20
<b>Figura 3.</b> Esquema de clasificación de $\beta$ -lactamasas.....	22
<b>Figura 4.</b> Flujograma Metodología.....	26
<b>Figura 5.</b> Distribución de pacientes por categorías de edad.....	30
<b>Figura 6.</b> Distribución de pacientes por zona rural vs urbana.....	31
<b>Figura 7.</b> Principales enfermedades asociadas a pacientes con infecciones del tracto urinario en el HUSRT durante el año 2023.....	32
<b>Figura 9</b> Carbapenemasas en el año 2023.....	40
<b>Figura 10.</b> Distribución porcentual de Carbapenemasas por sexo y método -2023.....	41

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Operación de las variables de calidad analítica en el diagnóstico de infecciones urinarias.....	27
<b>Tabla 2.</b> Distribución porcentual de microorganismos aislados en ITUs (2023). 34	
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje de resistencia bacteriana a antibióticos en bacilos Gram negativos aislados de urocultivos (2023).....	36
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de resistencia bacteriana a antibióticos en cocos gram positivos aislados de urocultivos (2023) .....	38
<b>Tabla 5.</b> Mecanismos de resistencia Bacteriana y su asociación con antecedentes clínicos y sociodemográficos.....	43
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de aislamientos por servicio .....	47

## Lista de abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>DM</i>	Diabetes Mellitus
<i>IAAS</i>	Infecciones asociadas atención a salud
<i>ITU</i>	Infección del tracto urinario
<i>IVU</i>	Infección de vías urinarias
<i>PUV*</i>	Válvula uretral posterior
<i>CAKUT*</i>	Anomalías congénitas del riñón y del tracto urinario
<i>PNT*</i>	Tubos de nefrostomía percutánea
<i>NETS*</i>	Trampas extracelulares de neutrófilos
<i>BLEE</i>	Beta-lactamasas de espectro extendido
<i>ITU-RH</i>	Infecciones del tracto urinario que requiere hospitalización
<i>CAUTI*</i>	Infecciones del tracto urinario asociado a catéter
<i>MDR*</i>	Resistencia a múltiples fármacos
<i>VH</i>	Vejiga hiperactiva
<i>IUR</i>	Infección de vías urinarias recurrentes
<i>OMS</i>	Organización Mundial de la salud
<i>RAM</i>	Resistencia a los antimicrobianos
<i>ODS</i>	Objetivos de desarrollo sostenible
<i>UCI</i>	Unidad de Cuidados Intensivos
<i>IAAS</i>	Infecciones Asociadas a la Atención en Salud
<i>URGAD</i>	Urgencias adulto
<i>URGPE</i>	Urgencias pediatría
<i>GINECO</i>	Ginecología
<i>UCIAD</i>	Unidad de cuidados intensivos adulto
<i>UCIPE</i>	Unidad de cuidados intensivos pediátrico
<i>ORT</i>	Ortopedia
<i>HOSAD</i>	Hospitalización adulto
<i>HOSMIX</i>	Hospitalización mixto
<i>5NOX</i>	Piso 5 norte
<i>6NOR</i>	Piso 6 norte
<i>S.QX</i>	Cirugía

\* Abreviatura original del inglés.

# 1. Introducción

La resistencia antimicrobiana (RAM) constituye una de las principales amenazas para la salud pública global, complicando el tratamiento de infecciones comunes, aumentando los costos médicos, la duración de las hospitalizaciones y la mortalidad (1). Según las Organización Mundial de la Salud (OMS) las infecciones resistentes a medicamentos causan aproximadamente 700.000 muertes anuales y se estima que esta cifra aumentará a 10 millones para el año 2050 (2,3).

Por su parte, las infección del tracto urinario (ITU) son una de las infecciones bacterianas más comunes y la creciente resistencia a los antibióticos utilizados para tratarlas, como las fluoroquinolonas en el caso de infecciones causadas por *Escherichia coli* (*E.coli*), representan un desafío crítico para el manejo clínico de los pacientes (4).

Las ITU representan una causa significativa de morbilidad y mortalidad, especialmente las infecciones asociadas a atención en salud (IAAS). Se estima que entre el 20% - 30% de las bacteriemias relacionadas con IAAS tiene origen en una ITU lo que incrementa el riesgo de complicaciones graves y muertes (5) .

En Colombia, el boletín epidemiológico de la semana 24 (hasta mayo de 2025), reporta un pico de 24 brotes de IAAS en mayo de 2024 (6), mostrando una tendencia estable con una ligera disminución del 5 % en comparación con el año anterior lo que indica un indicio de RAM relacionada con uropatógenos que prolonga las hospitalizaciones y complica los tratamientos efectivos (7).

A nivel global, diversos estudios han evidenciado un incremento en la RAM de bacterias causantes de ITU. En Irán, Shams *et al.* (2018) reportaron resistencia creciente de *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*) a fluoroquinolonas y betalactámicos (8). En Colombia, Losada *et al.* (2019) identificaron a *E. coli* como principal agente, con una resistencia a ciprofloxacino del 26%. (9). En Perú, Matta *et al.* (2022) encontraron una

elevada prevalencia de *E. coli* productora de BLEE, con resistencia del 91% a cefalosporinas de tercera generación y fluoroquinolonas (10).

En Colombia, Leal *et al.*, (2013) estudio nueve hospitales y encontraron que *E. coli* fue el aislamiento más común en ITU adquiridas en la comunidad (88.3%) y presentó alta resistencia a ampicilina (55.1%), trimetoprima/sulfametoxazol (42.9%) y ciprofloxacino (25.1%) (11). En Medellín, Orrego (2014) encontró una prevalencia de ITU del 31%, siendo *E. coli* como el patógeno más frecuente (69%) y alta resistencia a ampicilina (61%), trimetoprima- sulfametoxazol (48%) y ciprofloxacino (42%) (12). Delgado *et al.*, (2021) en un estudio realizado en Bucaramanga destacó la alta resistencia a betalactámicos y cefalosporinas en *E. coli* y *K. pneumoniae* (13,14).

Estos datos evidencian la creciente resistencia bacteriana, lo que hace fundamental identificar los patrones y mecanismos presentes en las cepas aisladas de urocultivos en el contexto local. Este análisis resulta clave para optimizar los tratamientos disponibles y contribuir al control de la propagación de cepas multirresistentes en los entornos hospitalarios (14).

El conocimiento de los mecanismos de resistencia a los antimicrobianos, en cepas aisladas de urocultivos y su relación con los antecedentes clínicos y sociodemográficos de los pacientes permitirá desarrollar estrategias más efectivas para el control de la infección y la optimización del uso de antibióticos (4,15).

Dado que en la región de Boyacá no existen estudios integrales que correlacionen los mecanismos de resistencia bacteriana con factores clínicos y sociodemográficos, esta investigación se justifica por la necesidad de obtener datos locales que permitan conocer cómo se comporta en el departamento. Estos datos son fundamentales para orientar futuras intervenciones, fortalecer los protocolos de vigilancia epidemiológica y optimizar el manejo clínico de las infecciones por bacterias multirresistentes, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema de salud (5).

El objetivo general de este estudio es analizar los mecanismos de resistencia a los antimicrobianos presentes en cepas bacterianas aisladas de urocultivos y su asociación con factores clínicos y sociodemográficos de pacientes en un hospital de tercer nivel en Colombia.

Este estudio se basa en un análisis retrospectivo de urocultivos y registros clínicos de pacientes del año 2023, por lo tanto, los hallazgos pueden limitarse a las características de esta población y este entorno específico.

## 1.1 Planteamiento del problema

Dentro de este contexto, las ITU son una de las patologías bacterianas más frecuentes a nivel mundial. *E. coli* es el principal agente etiológico de estas infecciones y ha mostrado un aumento en la resistencia a antibióticos de primera línea, como las fluoroquinolonas. De acuerdo con el boletín de la OMS de 2022, el 50% de las cepas presentan resistencia a este grupo (2,16). Según el Boletín Epidemiológico Semanal del Instituto Nacional de Salud (semana 25, 15–21 de junio de 2025), entre el 10 % y el 30 % de los pacientes en Colombia adquieren una infección asociada a la atención en salud relacionada con *E. coli* como el patógeno predominante (46,7%), seguido por *K. pneumoniae* (13,3%) y *Proteus mirabilis* (*P. mirabilis*) (6,7%) (7). En Boyacá, la Secretaría de Salud ha señalado que estas infecciones tienen un impacto en la morbilidad hospitalaria, y contribuyen al desarrollo de insuficiencia renal, especialmente en pacientes con comorbilidades como diabetes y malformaciones congénitas (5) .

El desarrollo de la RAM obedece a diversos mecanismos incluyendo la inactivación enzimática, como la producción de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), la modificación de los sitios de acción o sitios diana de los antibióticos, la disminución del transporte o entrada de los antibióticos mediante cambios en la permeabilidad de la membrana celular y la activación de bombas de expulsión. La clasificación de Ambler y Bush permite comprender mejor la evolución de la resistencia en patógenos hospitalarios, proporcionando información clave para el diseño de estrategias terapéuticas más eficaces (16).

Además del impacto clínico y epidemiológico, la resistencia antimicrobiana está estrechamente relacionada con factores clínicos y sociodemográficos. Estudios previos han identificado que enfermedades como diabetes mellitus e hipertensión arterial, así como el uso prolongado de dispositivos médicos aumentan el riesgo de infecciones resistentes. Asimismo, el nivel socioeconómico y el acceso limitado a los servicios de

salud pueden influir en la gravedad de las infecciones y en la propagación de patógenos multirresistentes en la comunidad (17).

De esta manera, el presente trabajo aborda como pregunta problema ¿Cómo se relacionan los mecanismos de resistencia antimicrobiana en cepas aisladas de urocultivos con los antecedentes clínicos y sociodemográficos de los pacientes atendidos en un hospital de tercer nivel en Colombia durante el año 2023?

## **1.2 Justificación**

La RAM es considerada un problema mundial, con un impacto significativo en la salud pública y el sistema de salud (16). En el contexto hospitalario las ITU se han convertido en un desafío clínico debido a la creciente resistencia bacteriana, lo que dificulta su tratamiento y genera complicaciones en los pacientes (17).

En 2019, en Colombia se registraron 4700 muertes directamente atribuibles a infecciones por bacterias resistentes y 18200 muertes asociadas, posicionándose con una de las tasas ajustadas por edad más bajas de América Latina. A nivel regional, en 2021 se reportaron aproximadamente 84300 muertes atribuibles y 338000 muertes asociadas a la RAM (18). A nivel global, los datos del mismo año indican 1,14 millones de muertes atribuibles y 4,71 millones asociadas a infecciones resistentes, destacando un incremento notable en personas de 70 años o más, mientras disminuían en niños menores de 5 años. Proyecciones hasta 2050 estiman que las muertes atribuibles podrían llegar a 1,91 millones anuales y las asociadas a 8,22 millones, lo que subraya el desafío creciente que representa la RAM (19).

Diversos estudios han demostrado que factores sociodemográficos y comorbilidades influyen en la incidencia de ITU y en la resistencia antimicrobiana. En pacientes con diabetes mellitus tipo 2, insuficiencia renal crónica y litiasis renal, el riesgo de ITU es mayor (20). En mujeres embarazadas el bajo nivel educativo, la falta de autocuidado se han asociado con mayor prevalencia de ITU (21). Además, en zonas rurales y de bajos ingresos, el acceso limitado a la atención médica contribuye a la propagación de infecciones resistentes. Enfermedades como la diabetes y la insuficiencia renal, junto

con factores como la hospitalización prolongada y el uso de dispositivos invasivos, aumentan el riesgo de desarrollar infecciones por bacterias multirresistentes (22).

No obstante, en el departamento de Boyacá no se han realizado estudios detallados que correlacionen estos factores con la resistencia bacteriana en aislamientos de ITU, lo que hace necesario abordar esta problemática en un contexto local.

Desde una perspectiva económica las ITU generan un alto costo en el sistema de salud, la morbilidad asociada a estas infecciones incluye recurrencias que requieren tratamientos más prolongados y costosos. En Colombia, el costo promedio del manejo de las ITU asciende a COP \$ 1.190.879 siendo los antibióticos responsables del 41% de este gasto (23). Esto resalta la necesidad de optimizar la prescripción de antibióticos mediante un conocimiento más profundo de los mecanismos de resistencia presentes en la población estudiada (24).

Esta investigación proporciona información clave para la formulación de estrategias que mitiguen la resistencia bacteriana; al caracterizar los mecanismos de resistencia y su asociación con factores clínicos y sociodemográficos, se podrán implementar medidas más efectivas para el tratamiento y control de las ITU.

En cuanto a su alcance, el estudio se centrará en analizar aislamientos de urocultivos obtenidos en un hospital de tercer nivel en Colombia durante el año 2023, permitiendo generar datos relevantes para futuras intervenciones en el manejo de infecciones urinarias.

## **2.Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar los mecanismos de resistencia antimicrobiana presentes en cepas bacterianas aisladas de urocultivos, y su asociación con factores clínicos y sociodemográficos en pacientes atendidos en un hospital de tercer nivel en Colombia.

### **2.3 Objetivos específicos**

- Identificar los factores sociodemográficos y clínicos asociados a las infecciones urinarias en pacientes que asistieron a un hospital de tercer nivel en Boyacá.
- Describir los patrones de susceptibilidad antimicrobiana y los principales mecanismos de resistencia en cepas bacterianas aisladas de urocultivos.
- Analizar la asociación entre los perfiles y mecanismos de resistencia antimicrobiana de los aislados bacterianos de urocultivos y establecer su relación con los factores sociodemográficos y clínicos.

## 3. Marco Conceptual

### 3.1 Resistencia antimicrobiana: conceptos y mecanismos

La RAM es uno de los mayores desafíos de la medicina actual; se produce cuando microorganismos como las bacterias desarrollan la capacidad de resistir el efecto de los medicamentos diseñados para eliminarlos. Esto significa que infecciones que antes eran fácilmente tratables ahora requieren fármacos de mayor eficiencia, costosos y con mayores efectos secundarios, aumentando el riesgo de complicaciones graves, hospitalizaciones prolongadas e incluso la muerte (25). Este problema surge como resultado de diferentes factores, incluyendo el uso inadecuado y excesivo de los antibióticos. Cuando estos medicamentos se consumen sin necesidad o de manera incorrecta, las bacterias se adaptan y se vuelven más resistentes. Así, lo que antes era una solución efectiva se convierte en una lucha contra infecciones cada vez más difíciles de tratar (4).

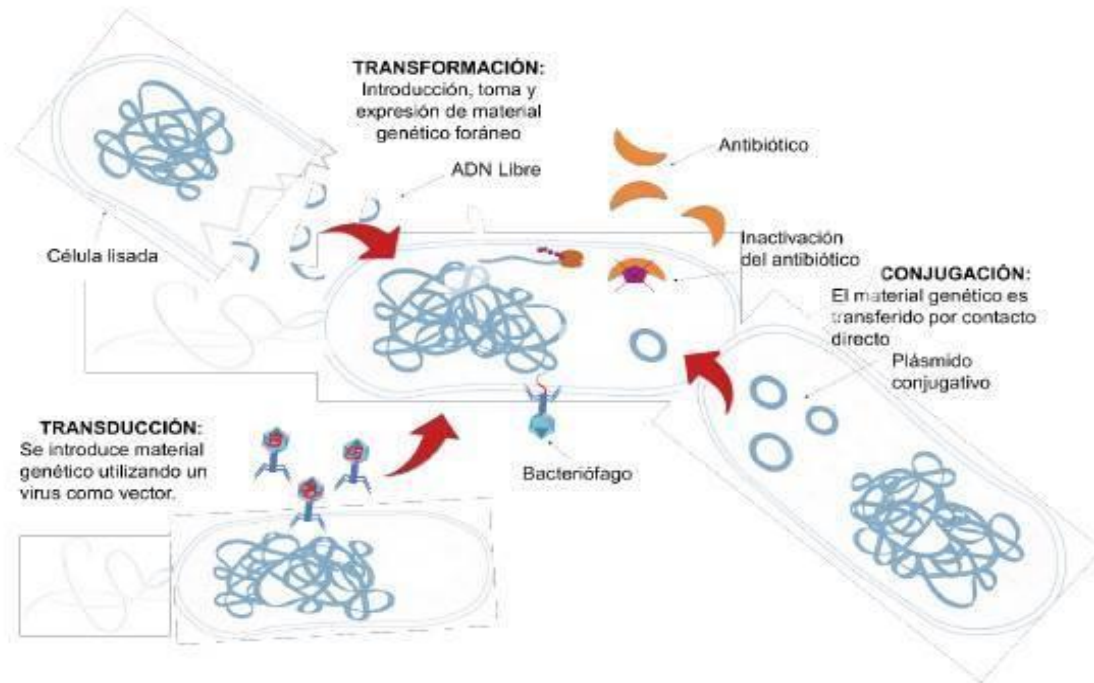
Las bacterias han evolucionado diversas estrategias para resistir los antibióticos. Estas pueden clasificarse en factores de resistencia natural y factores de resistencia adquirida. La resistencia natural se debe a características inherentes de la bacteria, como la estructura de la membrana celular, la presencia de bombas de eflujo o la producción de enzimas Inactivadoras. Estos mecanismos forman parte de su biología y están presentes sin necesidad de exposición previa a antibióticos (26) .

La resistencia adquirida aparece cuando las bacterias, previamente sensibles, desarrollan mecanismos de defensa a través de mutaciones genéticas o por la adquisición de genes de resistencia mediante transferencia horizontal (plásmidos, transposones o bacteriófagos); algunas bacterias poseen una resistencia natural debido a características biológicas como la estructura de su membrana celular, la presencia de bombas de eflujo o la producción de enzimas Inactivadoras(27) .

Otras pueden adquirir resistencia mediante mutaciones en su ADN o a través de la transferencia horizontal de genes, proceso en el que los genes de resistencia se

propagan entre bacterias mediante mecanismos como la conjugación, la transducción y la transformación (27). (ver figura 1).

**Figura 1.** Transferencia de genes.



Se adquiere material genético por conjugación, transducción y transformación. Además, se producen deleciones y mutaciones genéticas, que optimizan los procesos bacterianos. Fuente Tomado y modificado de (28).

### 3.2 Mecanismos de resistencia bacteriana

La resistencia bacteriana a los antibióticos constituye uno de los principales desafíos para la salud pública a nivel mundial. Las bacterias han desarrollado múltiples estrategias para evadir la acción de estos fármacos, lo que dificulta el tratamiento de las infecciones y favorece la persistencia y diseminación de cepas resistentes.

### **3.2.1 Alteración del sitio de acción:**

Mutaciones en las proteínas diana de los antibióticos pueden reducir su afinidad, impidiendo que se unan y ejerzan su efecto.

### **3.2.2 Disminución del transporte:**

Las bacterias pueden reducir la entrada del antibiótico a la célula a través de cambios en las porinas o mediante bombas de expulsión activas que sacan el antibiótico de la célula.

### **3.2.3 Inactivación enzimática:**

Las bacterias pueden producir enzimas, como las betalactamasas, que degradan los antibióticos, haciéndolos ineficaces.

Uno de los principales desafíos en la lucha contra las infecciones bacterianas es la producción de enzimas que inactivan o modifican los antibióticos, impidiendo su acción. Entre ellas, las  $\beta$ -lactamasas representan una de las mayores amenazas para los antibióticos  $\beta$ -lactámicos, como las penicilinas, cefalosporinas y carbapenémicos; estas enzimas degradan el anillo  $\beta$ -lactámico de los antibióticos, volviéndolos ineficaces (27).

Según su alcance, las  $\beta$ -lactamasas pueden clasificarse en diferentes categorías. Las  $\beta$ -lactamasas de espectro reducido afectan únicamente ciertos antibióticos como la penicilina. Por otro lado, las  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (BLEE) son capaces de inactivar tanto penicilinas como cefalosporinas de tercera generación, lo que las hace particularmente problemáticas. Finalmente, las carbapenemasas pueden destruir incluso los antibióticos más potentes, generando infecciones extremadamente difíciles de tratar (27).

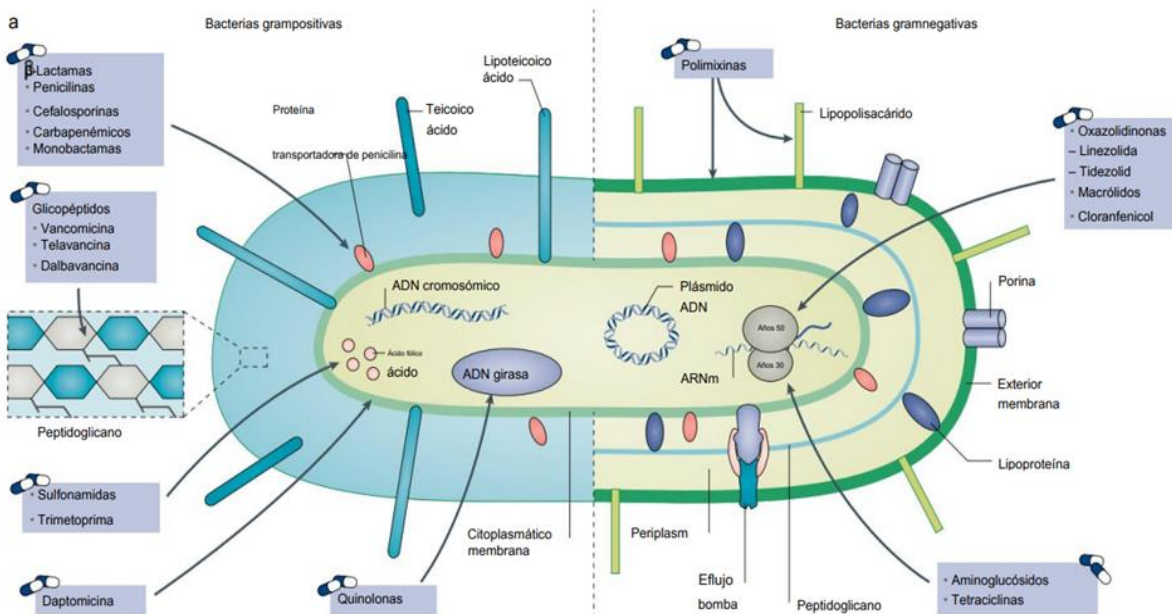
Además de las  $\beta$ -lactamasas, existen otras enzimas que alteran químicamente los antibióticos y evitan su acción. Algunas de ellas son las acetilasas (AAC, Acetiltransferasas), que modifican antibióticos aminoglucósidos como la gentamicina y la amikacina. Otras, como las adenilasas (ANT, Adeniltransferasas), añaden grupos adenilo a los aminoglucósidos, bloqueando su efecto. También están las fosforilasas (APH, Fosfotransferasas), que introducen grupos fosfato en estos antibióticos, neutralizando su actividad antimicrobiana (26).

### 3.3 Mecanismos de inactivación enzimática en bacterias Gram negativas

La alta prevalencia de mecanismos de resistencia en *E. coli*, *K. pneumoniae* productora de carbapenemasa, puede estar relacionada con su capacidad para adquirir y diseminar genes de resistencia a través de elementos genéticos móviles, como integrones y plásmidos conjugativos. Los integrones permiten la captura y reorganización de genes de resistencia mediante *cassettes génicos*, facilitando la adaptación a la presión antibiótica y la adquisición de resistencia múltiple (29). Los plásmidos conjugativos, por su parte, posibilitan la transferencia horizontal de genes entre bacterias a través de la conjugación, lo que contribuye a la propagación de la resistencia incluso entre especies diferentes. Además, la bacteria puede incorporar genes de resistencia por transformación, al captar ADN libre del ambiente o por transducción, a través de bacteriófagos (30). **(Ver figura 2).**

**Figura 2.** Mecanismos de acción de los agentes antibacterianos y de la resistencia a los mismos.

Estructuras de bacterias Gram-positivas (izquierda) y Gram-negativas (derecha). a | Sitios y mecanismos de acción de los fármacos antibacterianos. La síntesis de la pared celular bacteriana



es inhibida por los antibióticos  $\beta$ -lactámicos y los glucopéptidos. Fuente: tomado y modificado de (31).

Otro grupo son las enzimas hidrolíticas, como las metalo- $\beta$ -lactamasas (MBL), que dependen de iones metálicos como el zinc para inactivar carbapenémicos y cefalosporinas (32). También se han identificado esterases y amidazas, que degradan antibióticos macrólidos como la eritromicina, dificultando el tratamiento de infecciones respiratorias y de la piel. Las bacterias no solo desarrollan resistencia, sino que también pueden compartir genes de resistencia entre ellas mediante procesos de transferencia horizontal, lo que acelera su propagación en diferentes entornos (30).

Entre estas estrategias para la evasión del sistema inmunológico se encuentra la producción de proteasas, enzimas capaces de degradar inmunoglobulinas y otras proteínas clave en la respuesta inmune, lo que debilita significativamente las defensas del organismo (33). Además, muchas bacterias secretan DNasas, que destruyen el ADN extracelular presente en las trampas extracelulares de neutrófilos (NETs), un mecanismo del sistema inmune diseñado para atrapar y neutralizar patógenos (34). Al romper estas trampas, las bacterias no solo evaden la respuesta inmune, sino que también facilitan su diseminación a otros tejidos, agravando la infección. Otras estrategias incluyen la modificación de sus estructuras de superficie, como la cápsula o los lipopolisacáridos, para evitar el reconocimiento por parte del sistema inmune, así como la secreción de toxinas que alteran la función de las células inmunes. Estas adaptaciones hacen que el control de ciertas infecciones bacterianas sea particularmente desafiante, especialmente en el contexto de la resistencia antimicrobiana (35).

### **3.4 Clasificación y relevancia clínica de las $\beta$ -lactamasas**

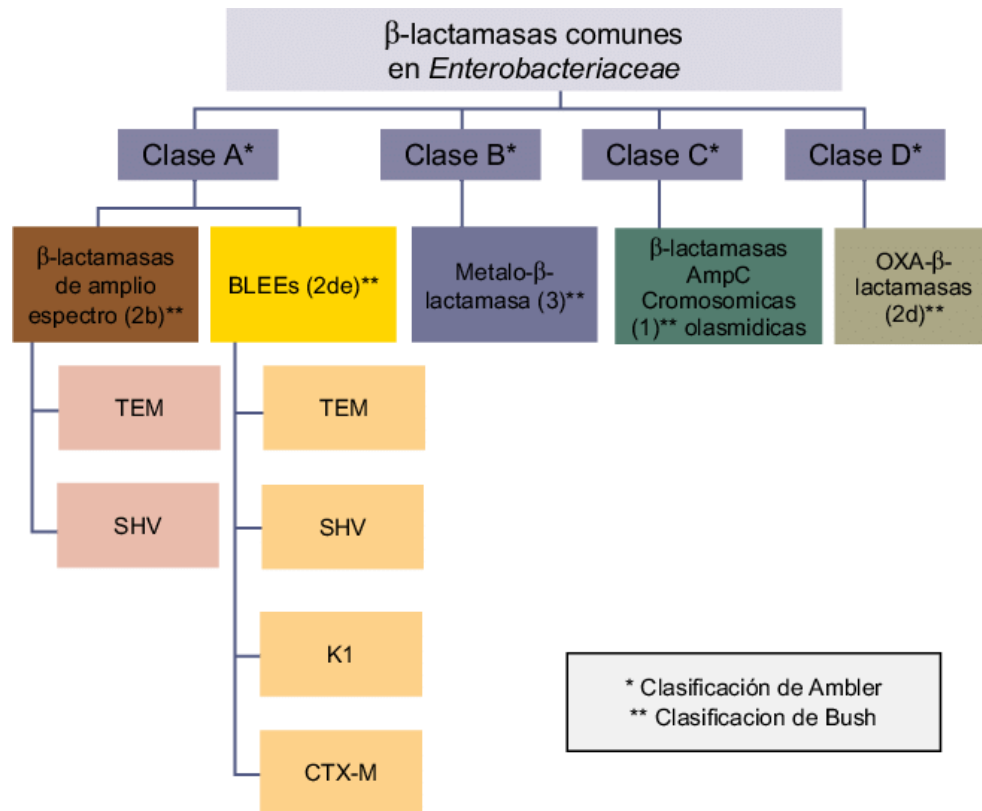
Para entender mejor las  $\beta$ -lactamasas y su impacto en la resistencia bacteriana, los científicos han desarrollado dos principales sistemas de clasificación. La Clasificación de Ambler (1980) se basa en la estructura molecular y la secuencia de aminoácidos de estas enzimas. Según este sistema, las  $\beta$ -lactamasas se dividen en cuatro clases: A, B, C y D (30) **(Ver figura 3)**.

De otro modo, la Clasificación de Bush, Jacoby y Medeiros (1995) se enfoca en los antibióticos que estas enzimas pueden degradar y su respuesta a inhibidores. En este

esquema, se dividen en cuatro grupos principales. El grupo 1 incluye las cefalosporinas que no son inhibidas por ácido clavulánico. En el Grupo 2, se encuentran las penicilinasas, cefalosporinas y carbapenemasas que pueden ser inhibidas por ácido clavulánico, sulbactam y tazobactam (35).

El Grupo 3 está conformado por las metalo-β-lactamasas, capaces de degradar penicilinas, cefalosporinas y carbapenémicos. Estas enzimas pueden ser inhibidas por EDTA, pero no por los inhibidores β-lactámicos convencionales. Finalmente, el Grupo 4 incluye las penicilinasas que sí son inhibidas por ácido clavulánico (36).

**Figura 3.** Esquema de clasificación de β-lactamasas.



Clasificación de las β-lactamasas comunes en *Enterobacteriaceae* según Ambler (clases A–D). Fuente: tomado y modificado (36).

### 3.5 Factores asociados a la resistencia bacteriana y a las ITU

Los mecanismos de resistencia bacteriana como BLEE, AmpC y carbapenemasas tipo KPC o KPC + NDM están relacionados con características sociodemográficas y clínicas de los pacientes. La edad avanzada, la mayor exposición hospitalaria, frecuencia de procedimientos invasivos y consumo repetido de antibióticos, favoreciendo la aparición de carbapenemasas como KPC (37). Asimismo, comorbilidades crónicas como la diabetes mellitus constituyen un factor predictivo de resistencia a carbapenémicos, debido a la combinación de inmunosupresión y tratamientos prolongados, tal como lo reporta M, *et al.*, en el 2024 (38) .

Por otro lado, las zonas rurales muestran una mayor tendencia al uso empírico e inadecuado de antibióticos, lo que incrementa la presión selectiva para BLEE y AmpC en la comunidad; En contraste, las zonas urbanas y hospitales de alta complejidad actúan como reservorios de cepas multirresistentes, incluidas las portadoras de KPC y NDM. De esta manera, los determinantes sociodemográficos edad, comorbilidades, y residencia se integran como elementos clave que modelan la susceptibilidad individual y colectiva a la selección y transmisión de bacterias resistentes (37).

En este mismo contexto, las infecciones del tracto urinario (ITU) cobran relevancia por ser una de las patologías infecciosas más frecuentes, tanto en la comunidad como en el ámbito hospitalario. Estas infecciones pueden afectar cualquier segmento del sistema urinario, desde la uretra hasta los riñones, y se presentan con mayor frecuencia en mujeres debido a factores anatómicos como la corta longitud uretral y su proximidad al ano (34). Además del sexo femenino, otros factores de riesgo incluyen la actividad sexual frecuente, el uso de diafragma como anticonceptivo, la menopausia y enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, que comprometen la respuesta inmune. En el entorno hospitalario, el empleo de sondas vesicales, procedimientos urológicos invasivos y la inmunosupresión aumentan significativamente el riesgo de ITU (39).

Desde el punto de vista etiológico, las ITU son provocadas mayoritariamente por bacterias, aunque en menor proporción pueden estar involucrados por hongos. El agente más comúnmente aislado es *E. coli*, responsable de hasta el 90% de los casos adquiridos en la comunidad. Esta bacteria tiene la capacidad de adherirse al epitelio urotelial y evadir la respuesta inmune del huésped. No obstante, en infecciones complicadas o

nosocomiales, también se encuentran patógenos como *K. pneumoniae*, *P. mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*), *Enterococcus spp.* y *Staphylococcus saprophyticus* (*S. saprophyticus*), entre otros. La distribución de estos agentes varía según el tipo de ITU, el entorno clínico y la presencia de factores predisponentes (40).

### **3.6 Enfermedades crónicas y su relación con las ITU**

Las enfermedades crónicas, como la diabetes, incrementan considerablemente la probabilidad de desarrollar infecciones urinarias (41). En estos pacientes, diversas alteraciones fisiológicas y metabólicas afectan la capacidad del organismo para combatir infecciones. En primer lugar, los niveles elevados de glucosa en la orina pueden servir como fuente de nutrientes para las bacterias, facilitando su crecimiento. Además, la diabetes compromete el sistema inmunológico de múltiples formas: los altos niveles de glucosa pueden deteriorar la función de los glóbulos blancos, reduciendo su capacidad de respuesta ante infecciones debido a la disminución en la quimiotaxis y la fagocitosis (42).

Otro aspecto crítico es la neuropatía diabética, una complicación común en pacientes con diabetes avanzada. Esta afección puede afectar los nervios responsables de controlar la vejiga, generando dificultades para vaciarla completamente. Como resultado, la retención urinaria crea un ambiente favorable para la proliferación de bacterias, aumentando el riesgo de infecciones recurrentes (41).

Además, la vasculopatía diabética compromete la circulación sanguínea, lo que puede reducir el flujo de sangre hacia los riñones y las vías urinarias. Una irrigación sanguínea deficiente dificulta la llegada de células inmunitarias al sitio de la infección, afectando la capacidad del organismo para combatir los patógenos (43).

Adicionalmente, las personas con diabetes suelen presentar alteraciones en la microbiota bacteriana del tracto urinario y genital, lo que las predispone a una colonización más rápida por bacterias patógenas. Este desequilibrio en la microbiota normal del organismo contribuye a una mayor vulnerabilidad ante infecciones y a una menor eficacia del sistema inmunológico en su respuesta contra los microorganismos invasores (14).

### **3.7 Factores inmunológicos y otras comorbilidades asociadas con ITU.**

Existen otras condiciones que pueden aumentar la susceptibilidad a infecciones urinarias. Las personas con cáncer o VIH, así como aquellas que reciben tratamientos inmunosupresores como quimioterapia o corticosteroides de uso prolongado, presentan un sistema inmune debilitado. Esta condición limita la capacidad del organismo para reconocer y eliminar bacterias potencialmente peligrosas, aumentando el riesgo de colonización en las vías urinarias (43).

Enfermedades cardiovasculares como la hipertensión esencial primaria y la insuficiencia cardíaca congestiva también se han asociado con un mayor riesgo de ITU. Estas afecciones pueden alterar la perfusión renal y comprometer la respuesta inmunitaria del organismo, favoreciendo la aparición de infecciones. En pacientes con insuficiencia cardíaca, la retención de líquidos y la formación de edemas empeoran este riesgo, lo que a menudo conduce a un uso más frecuente de antibióticos y, en consecuencia, al desarrollo de resistencia bacteriana (44).

Los pacientes inmunocomprometidos, especialmente aquellos con catéteres urinarios de uso prolongado, enfrentan un riesgo elevado de infecciones causadas por bacterias resistentes (44). En el caso de las mujeres, la multiparidad también se ha identificado como un factor de riesgo, ya que los cambios anatómicos en el tracto urinario durante el embarazo y el parto pueden facilitar la colonización bacteriana, sobre todo en aquellas con antecedentes de infecciones urinarias recurrentes (45).

## **4. Metodología (Materiales y Métodos)**

### **4.1 Tipo de investigación:**

Descriptivo - Transversal - Retrospectivo (Durante el año 2023)

**Muestra:** Por ser un estudio de fuente secundaria se tomaron cada uno de los resultados de los urocultivos y antibiogramas reportados en el año 2023 en el Hospital universitario San Rafael de Tunja.

Instrumento de recolección de datos: Tabla en Excel y software SPSS versión 29.0. (ver figura 4).

**Figura 4.** Flujograma Metodología

**Fuentes de información**



Fuentes de información del estudio: aislamientos obtenidos con Vitek, integrados en WHONET, complementados con historias clínicas, para un total de 1.257 aislamientos. Fuente: Elaboración propia

**4.2 Fuentes de información:**

Fuentes secundarias: Historias clínicas (SERVINTE) y bases de datos de laboratorio clínico (Vitek) WHONET.

Para este estudio, se recopiló la base de datos de los aislamientos obtenidos mediante el equipo Vitek. Esta información se integró con la base de datos generada en WHONET y se complementó con el análisis detallado de las historias clínicas de los pacientes. En total, se revisaron 1.257 aislamientos, verificando individualmente cada historia clínica para obtener datos adicionales sobre la procedencia de los pacientes y sus antecedentes clínicos.

**4.3 Operacionalización de las variables.**

Para el análisis del estudio se definieron variables independientes y dependientes que permiten explorar la relación entre factores sociodemográficos, clínicos y de riesgo con la presencia de infecciones del tracto urinario (ITU) y el perfil de resistencia bacteriana.

**Tabla 1.** Operación de las variables de calidad analítica en el diagnóstico de infecciones urinarias

<b>Nombre de variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo (dependiente o independiente)</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Variables independientes</b>			
Edad	Edad del paciente	Independientes	Cuantitativa, medida en años
Genero	El sexo del paciente	Independientes	Cualitativa binaria
Paridad	El número de veces que una mujer ha dado a luz	Independientes	Cuantitativa discreta
Procedencia	Si el paciente proviene de son rural o urbana.	Independientes	Cualitativa
Paciente con sonda	Si el paciente tiene un catéter urinario	Independientes	Cualitativa binaria
Paciente con enfermedad crónica	Si el paciente tiene alguna enfermedad crónica subyacente.	Independientes	Cualitativa binaria
<b>Variables clínicas</b>			
Paciente con hospitalización prolongada	La duración de la estadía en el hospital del paciente.	Independientes	Cualitativa binaria
Uso de antibióticos	Historial de uso de antibióticos del paciente, incluido el tipo y la duración.	Independientes	Cualitativa binaria
Infección de vías urinarias a repetición	Historial de infecciones del tracto urinario previas	Independientes	Cualitativa binaria
Procedimientos de urología	Cualquier historial de procedimientos urológicos.	Independientes	Cuantitativa discreta o cualitativa binaria.
Paciente con sonda permanente	si el paciente tiene una sonda urinaria permanente.	Independientes	Cualitativa binaria
<b>Variables Dependientes</b>			
<b>Nombre de variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo (dependiente o independiente)</b>	<b>Escala de medición</b>
Identificación bacteriana cualitativa	Se refiere a la identificación de las bacterias específicas que causan la infección del tracto urinario (ITU).	Dependiente	Cualitativa
Sensibilidad a los antibióticos	Determina qué antibióticos son efectivos contra las bacterias identificadas.	Dependiente	Cualitativa

La tabla presenta las variables utilizadas en el estudio, clasificadas en independientes y dependientes. Fuente Elaboración propia.

#### **4.4 Criterios de Inclusión:**

- Historias clínicas de pacientes hospitalizados con diagnóstico confirmado de infección de vías urinarias.
- Pacientes que tengan una enfermedad de base (por ejemplo, diabetes, hipertensión) y hayan cursado una infección de vías urinarias
- Pacientes con malformaciones o antecedentes de cirugía en el tracto urinario que presenten una infección de vías urinarias.
- Pacientes con infecciones recurrentes (tres o más en un año) y que tengan una sonda permanente.

#### **4.5 Criterios de Exclusión:**

- 5 Historias clínicas incompletas
- 6 Resultados de Vitek que generen confusión o sean ambiguos, inconsistentes o poco confiables.

#### **4.6 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se exporto los datos de la historia clínica de los pacientes participantes en el estudio desde la plataforma SERVITE del Hospital Universitario San Rafael de la ciudad de Tunja y la base de datos alojada en el equipo de microbiología Vitek y WHONET al software estadístico SPSS versión 29.0; las variables cualitativas se presentaron con frecuencias absolutas y relativas, para la distribución de las variables cuantitativas se presentaron con medianas y desviación estándar o medianas y rangos intercuartílicos dependiendo de la distribución.

El presente estudio contó con el aval del Comité de Ética y Bioética del Hospital Universitario San Rafael de Tunja, garantizando el cumplimiento de los principios establecidos en la Declaración de Helsinki y las normas nacionales vigentes para la investigación en salud.

Al tratarse de un estudio retrospectivo con fuente secundaria de información, no fue necesario solicitar consentimiento informado a los pacientes, dado que los datos fueron obtenidos de los registros institucionales y se manejaron bajo estricta confidencialidad, sin exponer información personal ni datos sensibles que permitieran la identificación de los participantes.

De esta manera, se aseguraron los principios de respeto, beneficencia, no maleficencia y justicia en todo el proceso investigativo.

La detección de  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y otros mecanismos de resistencia se realizó inicialmente a través del sistema automatizado Vitek 2, el cual genera resultados presuntivos basados en patrones fenotípicos de susceptibilidad. Es importante señalar que, en el laboratorio, estos hallazgos relacionados con BLEE no fueron sometidos a pruebas confirmatorias fenotípicas ni moleculares, por lo que se reportaron únicamente como resultados presuntivos derivados del sistema automatizado.

En contraste, la identificación de carbapenemasas sí contó con un proceso de confirmación adicional, mediante la aplicación de una prueba inmunocromatográfica (GenCarba) que permitió validar la presencia de enzimas tipo KPC, NDM, OXA-48, IMP y VIM. De esta forma, los mecanismos relacionados con carbapenemasas corresponden a resultados confirmados, mientras que la detección de BLEE se limitó a la interpretación fenotípica presuntiva proporcionada por el equipo automatizado.

## **5. Resultados y Discusión**

### **5.1 Identificar los factores sociodemográficos y clínicos de los pacientes incluidos en el estudio.**

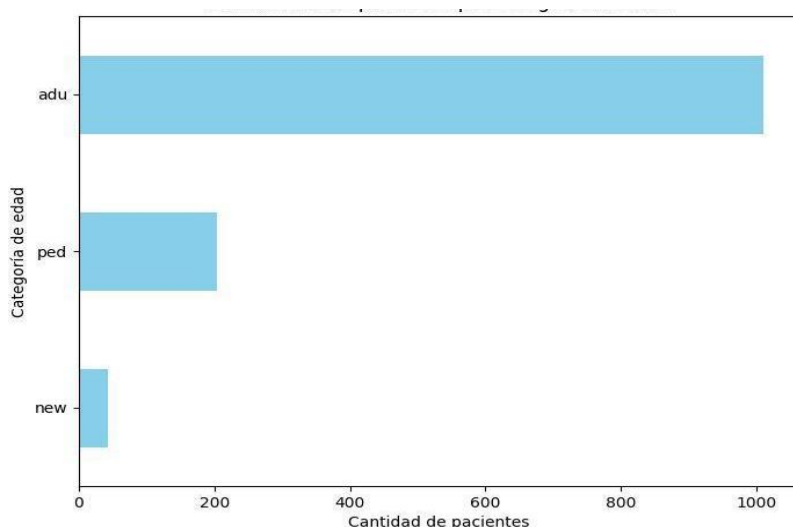
En este estudio, se analizó la prevalencia de ITUs en un hospital de tercer nivel durante 2023, con el objetivo de identificar las características sociodemográficas y clínicas de los pacientes afectados, así como los factores predisponentes que contribuyen a su desarrollo y recurrencia.

Los casos de ITU en pacientes durante 2023 se distribuyeron principalmente entre 1010 adultos (80.4%), seguidos de pacientes pediátricos 202 (16.1%) y neonatos 43 (3.4%).

Según Fernández *et al.*, (2024) la alta incidencia de IVU en adultos se asocia con el uso de dispositivos invasivos y comorbilidades, mientras que en pediatría y neonatos, factores anatómicos y alteraciones inmunológicas pueden desempeñar un papel clave (**ver figura 5**) (34,45).

En términos de distribución por género, el 63.5% de los casos de ITU correspondieron a mujeres y el 36.5% a hombres, lo cual es consistente con la predisposición anatómica y fisiológica de las mujeres a estas infecciones como lo menciona Oviedo *et al.*2021 (21).

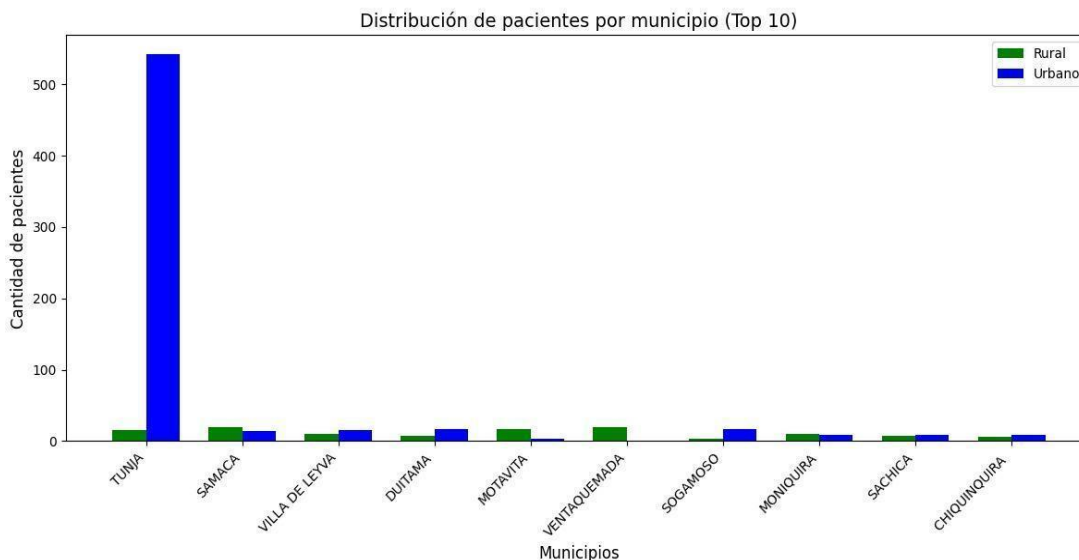
**Figura 5.** Distribución de pacientes por categorías de edad



Distribución de pacientes por categoría de edad. Se observa un predominio de la categoría adulta (adu) con alrededor de 1.000 pacientes, seguida por la categoría pediátrica (ped) con cerca de 200 casos y, en menor proporción, la categoría neonatal (new), con menos de 50 pacientes. Fuente: Elaboración propia

El análisis sociodemográfico mostró que la prevalencia de ITUs fue mayor en la población urbana en comparación con la rural. Esto puede atribuirse a una mayor exposición a entornos hospitalarios, cambios en el estilo de vida y el acceso a diagnósticos médicos. Sin embargo, en zonas rurales, la falta de registros y el su diagnóstico podrían explicar la menor incidencia reportada (**ver figura 6**) (4) .

**Figura 6.** Distribución de pacientes por zona rural vs urbana



Comportamiento de casos frecuentes con ITUs en las zonas rural y urbana en el departamento de Boyacá según base de datos obtenida del hospital universitario San Rafael de Tunja en el año 2023. Fuente: Elaboración propia

Además, se evidenció una relación entre las infecciones del tracto urinario (ITUs) y la presencia de enfermedades crónicas no transmisibles, lo cual refuerza el papel de estas condiciones como factores predisponentes.

Entre los antecedentes clínicos más frecuentes se identificó hipertensión esencial primaria en el 20.36% de los pacientes, aunque no es un factor de riesgo directo, puede aumentar la susceptibilidad a ITUs debido a la disfunción renal secundaria al uso de fármacos antihipertensivos (46).

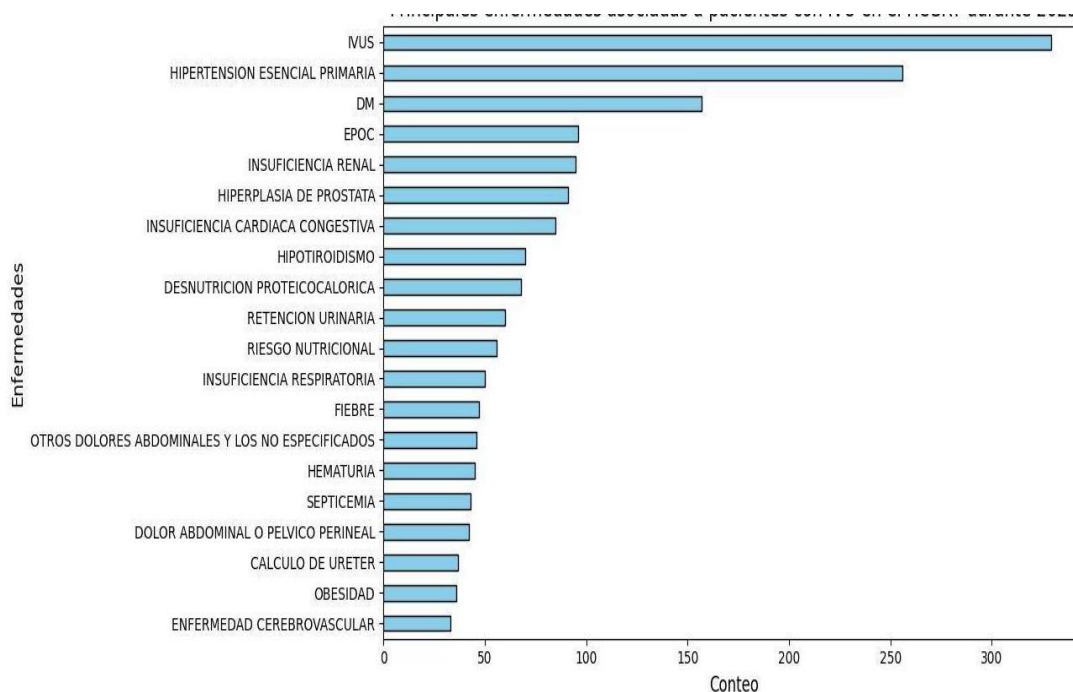
La diabetes mellitus se presenta en un 12.49% y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en el 7.86%. En particular, la diabetes mellitus se asocia con una mayor susceptibilidad a infecciones debido a la hiperglucemia sostenida y la disfunción inmunológica. En particular, la EPOC puede incrementar el riesgo de ITUs debido a varios factores, incluyendo la inmunosupresión relativa asociada a la enfermedad, la frecuente hospitalización y el uso de dispositivos invasivos. Estos hallazgos, en concordancia con lo señalado por Víctor *et al.* (2023) y Delgado S. *et al.* (2021), puede

inferir en la relación entre estas comorbilidades y la aparición de ITUs en los pacientes evaluados (13,41).

Otras condiciones como la insuficiencia renal, insuficiencia respiratoria, desnutrición proteico-calórica e hiperplasia prostática benigna en un menor porcentaje se identificaron como factores de riesgo relevantes (22).

Por otra parte, Stewart *et al.* (2017) destaca que, en pacientes hospitalizados, la presencia de dispositivos invasivos como catéteres urinarios y sondas vesicales incrementa la tasa de infecciones urinarias asociadas a la atención en salud (**ver figura 7**) (20).

**Figura 7.** Principales enfermedades asociadas a pacientes con infecciones del tracto urinario en el HUSRT durante el año 2023.



Comportamiento de casos frecuentes con IVUs en las zonas rural y urbana en el departamento de Boyacá según base de datos obtenida del hospital universitario San Rafael de Tunja en el año 2023. Fuente: Elaboración propia

Los hallazgos de este estudio confirman la frecuencia de ITU en mujeres y en adultos con comorbilidades. La recurrencia de estas infecciones en mujeres posmenopáusicas es un aspecto destacado, ya que los cambios hormonales pueden alterar la microbiota vaginal y favorecer la colonización bacteriana (47). De igual manera, los pacientes con

enfermedades crónicas como diabetes, la infección de vías urinarias a repetición, insuficiencia renal e hipertensión mostraron una mayor susceptibilidad, lo que sugiere la necesidad de estrategias preventivas específicas para estos grupos (44).

Además, se identificó que el diagnóstico y tratamiento oportuno son claves para evitar complicaciones como pielonefritis o sepsis urinaria. La fiebre sin foco aparente y el dolor abdominal inespecífico pueden ser manifestaciones de ITUs complicadas, lo que resalta la importancia de la sospecha clínica en pacientes con factores de riesgo.

## **5.2 Patrones de susceptibilidad antimicrobiana y los principales mecanismos de resistencia en cepas bacterianas aisladas de urocultivos en un hospital de tercer nivel en Colombia en 2023.**

Se analizaron un total de 1.257 urocultivos positivos obtenidos en un hospital de tercer nivel del departamento de Boyacá. Las muestras correspondieron a pacientes hospitalizados y ambulatorios, procesadas en el laboratorio clínico siguiendo los protocolos estandarizados de toma, transporte y procesamiento de orinas. La identificación bacteriana se realizó mediante el sistema automatizado Vitek, y los resultados fueron posteriormente integrados en la base de datos WHONET para el análisis epidemiológico. Adicionalmente, se complementó la información con la revisión de historias clínicas, lo que permitió correlacionar los hallazgos microbiológicos con características clínicas y sociodemográficas de los pacientes.

### **5.2.1. Distribución de microorganismos en infecciones del tracto urinario (ITU)**

El análisis mostró una predominancia clara de bacterias Gram negativas, siendo *E. coli* el patógeno más frecuente con una prevalencia del 62.7%, seguido por *K. pneumoniae* (9.09%), *P. mirabilis* (5.5%), y *Enterococcus faecalis* (5.4%) con forme a lo señalado por Orrego C *et. al.*, (2014) y Delgado *et. al.*, (2021) (12,13). Este patrón concuerda con lo

reportado en la literatura nacional e internacional, *E. coli* se ha establecido como el principal agente causal de ITUs no complicadas. En relación con trimetoprim/sulfametoxazol, se observó un porcentaje de resistencia del 38% en *E. coli*, lo cual indica una capacidad limitada de este antibiótico para el manejo empírico de las infecciones urinarias no complicadas. Esta cifra es consistente con estudios nacionales donde la resistencia supera el 30%, posicionándolo como un antimicrobiano con utilidad cada vez más restringida. En *Klebsiella pneumoniae*, la resistencia alcanzó el 41%, lo cual coincide con fenotipos BLEE y resalta su comportamiento multirresistente. (48). **(ver tabla 2)**

**Tabla 2.** Distribución porcentual de microorganismos aislados en ITUs (2023)

Microorganismo	Frecuencia (%)
<i>E. coli</i>	62.74%
<i>K. pneumoniae</i>	9.09%
<i>P. mirabilis</i>	5.57%
<i>E. faecalis</i>	5.41%
<i>K. oxytoca</i>	2.46%
<i>P. aeruginosas</i>	2.38%
<i>S. saprophyticus</i>	1.23%
<i>M. morganii</i>	1.69%
<i>S. marcescens</i>	1.88%
<i>H. alvei</i>	0.08%
<i>S. maltophilia</i>	0.23%
Otros	7.24%

*Stenotropomonas maltophilia*, *Hafnia alvei*, Otros: *Providencia rettgeri*, *Salmonella* sp., *Pseudomonas putida*, *Citrobacter braakii*, *Citrobacter koseri*.

La tabla muestra la distribución de los microorganismos aislados en urocultivos positivos. Fuente: Elaboración propia

Según Liu H. et al. (2016), microorganismos como *Klebsiella oxytoca*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Morganella morganii* y *Providencia rettgeri* se consideran oportunistas debido a su capacidad para causar infecciones en pacientes con factores

predisponentes, como inmunosupresión o el uso de dispositivos invasivos. Aunque su presencia fue menos frecuente en el estudio, su detección en contextos clínicos vulnerables resalta la importancia de una vigilancia microbiológica continua (49).

*Citrobacter koseri* fue identificado en pacientes adultas del sexo femenino, una de las cuales presentaba insuficiencia renal como comorbilidad relevante. Por otro lado, *Citrobacter braakii* se aisló en un paciente masculino procedente de zona rural, cuyo ingreso al servicio hospitalario se dio por complicaciones mecánicas. En cuanto a *Citrobacter freundii*, este fue identificado en un paciente pediátrico masculino con diagnóstico de desnutrición proteico-calórica, asociado al uso de catéter. En pacientes adultos, especialmente del sexo masculino, la presencia de *C. freundii* se asoció con infecciones del tracto urinario, hidronefrosis y estrechez uretral (50).

En el análisis de los casos femeninos, los aislamientos de *Citrobacter sp* se observaron en mujeres adultas con edades entre los 54 y 88 años, vinculados a condiciones como vejiga neurógena e insuficiencia renal. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en la literatura, donde se describe al género *Citrobacter sp* como un conjunto de patógenos emergentes particularmente involucrados en infecciones urinarias complicadas como lo menciona Stewart *et al.*, 2017 (20).

Otros hallazgos incluyen casos únicos de *Staphylococcus warneri* y *Serratia liquefaciens*, microorganismos asociados a procedimientos invasivos y dispositivos médicos, con capacidad de formar biopelículas y producir enzimas que favorecen la infección del huésped como lo menciona Kanuparth *et al.*, (2020) (47). También se reportaron aislamientos de *Klebsiella pneumoniae ss. ozaenae*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Salmonella sp.* y *Pseudomonas putida*, cuyas apariciones puntuales refuerzan la importancia de mantener vigilancia en pacientes con factores de riesgo (51).

*Stenotrophomonas maltophilia*, aunque conocida por causar principalmente infecciones respiratorias, también fue aislada en ITUs. Su alta resistencia a múltiples antibióticos y su persistencia en ambientes hospitalarios la convierten en un microorganismo de atención prioritaria. Por último, *Hafnia alvei*, con casos aislados, ha demostrado ser capaz de causar infecciones graves incluso en pacientes sin comorbilidades aparentes podemos corroborar este enunciado con Liu *et al.*, 2007 (52).

### 5.2.1 Patrones de susceptibilidad antimicrobiana

El microorganismo más prevalente fue *E. coli* (766 casos), pero mayor resistencia a trimetoprim/sulfametoxazol (38%) y ciprofloxacina (27%). Esto sugiere que los antibióticos orales tradicionales presentan menor efectividad empírica frente a este patógeno. *K. pneumoniae* (111 casos) presentó un patrón de resistencia más amplio, con cifras elevadas en cefalosporinas de tercera generación (ceftriaxona 30%, ceftazidima 27%) y fluoroquinolonas (ciprofloxacina 36%), indicando posible producción de BLEE o resistencia combinada. Además, se observó una resistencia del 11% a carbapenémicos, lo cual alerta sobre presencia potencial de carbapenemasas.

*P. mirabilis* mostró baja resistencia a la mayoría de antibióticos evaluados, lo cual lo mantiene como un patógeno con opciones terapéuticas eficaces. En contraste, *K. oxytoca* mostró una resistencia elevada a cefazolina (58%) y ceftriaxona (24%), lo cual es consistente con producción de BLEE. **(Ver tabla 3)**

**Tabla 3.** Porcentaje de resistencia bacteriana a antibióticos en bacilos Gram negativos aislados de urocultivos (2023)

Microorganismo	N° de pacientes	Ampicilina / Sulbactam %R	Amikacina % R	Cefazolina %R	Ceftriaxona %R	Ceftazidima %R	Cefepime %R	Ciprofloxacina %R	Meropenem %R	Ertapenem %R	Fosfomicina %R	Gentamicina %R	Trimetoprim / Sulfametoxazol %R
<i>E. coli</i>	766	17%	1%	22%	11%	5%	6%	27%	-	-	1%	11%	38%
<i>K. pneumoniae ss. pneumoniae</i>	111	35%	9%	34%	30%	27%	21%	36%	11%	11%	NA	18%	19%
<i>P. mirabilis</i>	68	5%	-	11%	1%	-	-	8%	-	-	NA	7%	14%
<i>K. oxytoca</i>	30	30%	10%	58%	24%	6%	6%	20%	3%	3%	NA	13%	17%
<i>P. aeruginosa</i>	29	-	0	NA	-	3%	3%	17%	3%	-	NA	NA	-
<i>S. marcescens</i>	23	-	21%	NA	NA	NA	30%	17%	26%	27%	NA	17%	-
<i>M. morgani ss. morgani</i>	15	NA	-	NA	NA	NA	-	26%	6%	6%	NA	13%	13%
<i>Enterobacter sp.</i>	14	NA	-	NA	NA	NA	0	14%	0	0	NA	14%	21%
<i>K. aerogenes</i>	11	NA	-	NA	NA	NA	0	9%	-	-	NA	-	9%
<i>E. cloacae</i>	9	NA	-	NA	NA	NA	-	11%	0	0	NA	11%	11%
<i>C. freundii</i>	8	NA	-	NA	NA	NA	-	12%	0	-	NA	25%	25%
<i>P. vulgaris</i>	6	-	0	NA	NA	NA	0	-	-	-	NA	-	-
<i>P. rettgeri</i>	6	-	0	NA	NA	NA	0	16%	-	-	NA	16%	-
<i>P. penneri</i>	6	NA	16%	NA	NA	NA	0	-	-	-	NA	-	33
<i>C. koseri (diversus)</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	0	0
<i>M. morgani ss. sibonii</i>	2	NA	0	NA	NA	NA	-	50%	0	0	NA	50%	50%
<i>S. maltophilia</i>	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
<i>P. putida</i>	1	NA	NA	NA	0	-	-	0	100%	NA	NA	-	-
<i>C. braakii</i>	1	NA	-	NA	NA	NA	0	0	0	0	NA	-	0
<i>K. pneumoniae ss. ozaenae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	0	0
<i>Salmonella sp.</i>	1	NA	NA	NA	0	NA	NA	100%	0	0	NA	NA	0
<i>S. liquefaciens</i>	1	NA	0	NA	NA	NA	0	0	0	NA	NA	0	0

La tabla muestra la resistencia porcentual de diversas cepas bacterianas frente a varios antibióticos comunes. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado *P. aeruginosa* baja resistencia a ceftazidima (3%) y cefepime (3%), que se mantienen como opciones terapéuticas. *Serratia marcescens* y otras enterobacterias como *Enterobacter spp.*, *K. aerogenes*, y *E. cloacae* presentan patrones de resistencia intermedios, con baja resistencia a ciprofloxacina y trimetoprim/sulfametoxazol lo que concuerda con lo dicho por Anáhuac *et. al.*, (2019) (53) y Ballaben A. *et al* (2025) (54).

En general, se observa que amikacina y fosfomicina mantienen buena actividad contra la mayoría de los bacilos Gram negativos, mientras que antibióticos como ciprofloxacina, trimetoprim/sulfametoxazol y cefalosporinas de tercera generación presentan altos niveles de resistencia, limitando su uso empírico. La vigilancia microbiológica constante y el uso racional de antimicrobianos son esenciales para evitar el aumento de cepas multirresistentes González R. *et. al.*, (2024) (35).

Realizando el análisis de los microorganismos Gram positivo se evaluó el comportamiento de la resistencia bacteriana. **(ver tabla 4)**

**Tabla 4** Porcentaje de resistencia bacteriana a antibióticos en cocos gram positivos aislados de urocultivos (2023)

Microorganismo	N° de pacientes	Penicilina %R	Ampicilina %R	Cefotaxime %R	Cefoxitin %R	Ceftarolina %R	Ceftriaxona %R	Ciprofloxacino %R	Deqptomomicina %R	Linezolid %R	Oxacilina %R	Trimetoprim/Sulfametoxazol %R	Vancomicina %R
<i>E. faecalis</i>	66	0	-	NA	NA	NA	NA	1%	0	0	NA	NA	0
<i>S. saprophyticus ss. saprophyticus</i>	17	NA	NA	NA	50%	NA	NA	0	0	0	64%	5%	0
<i>S. aureus ss. aureus</i>	13	NA	NA	NA	30%	0	NA	0	0	0	30	0	0
<i>S. agalactiae</i>	8	0	0	0	NA	NA	NA	-	0	0	NA	NA	0
<i>E. faecium</i>	3	NA	100	NA	NA	NA	-	33%	0	0	NA	NA	33%
<i>S. haemolyticus</i>	1	NA	NA	NA	100%	NA	NA	100%	0	0	100%	100%	0
<i>S. warneri</i>	1	NA	NA	NA	100%	NA	NA	0	0	0	100%	100%	0

La tabla muestra la resistencia porcentual de diversas cepas bacterianas frente a varios antibióticos comunes. Fuente: Elaboración propia.

66 casos presentaron baja resistencia a ciprofloxacina (1%), un 50% de resistencia a cefoxitina, lo cual no se utiliza para definir sensibilidad a meticilina en estas especies. Sin embargo, se presenta baja resistencia a trimetoprim/sulfametoxazol (5%). La resistencia alta a oxacilina (88%) no es clínicamente relevante en estas especies, ya que su detección se considera poco fiable (13 casos) evidenciando resistencia a cefoxitina (lo que indica presencia de SARM), oxacilina (69%). *Streptococcus agalactiae* no presentó resistencia notificada a la mayoría de los antibióticos evaluados, lo cual es frecuente en esta especie.

*E. faecium* (3 casos) mostró un perfil típico de multirresistencia, con 100% de resistencia a ampicilina y penicilina y vancomicina (33%). Este perfil indica la posible presencia de *E. faecium* resistente a glicopéptidos (VRE), lo cual es clínicamente relevante. *S. haemolyticus* y *S. warneri*, aunque poco frecuentes, presentaron 100% de resistencia a múltiples antibióticos, incluidos cefoxitina, oxacilina, penicilina y trimetoprim/sulfametoxazol. Estas especies son conocidas por su elevada multirresistencia y presencia en infecciones asociadas a dispositivos médicos.

## 5.2.2 Mecanismos de resistencia antimicrobiana identificados

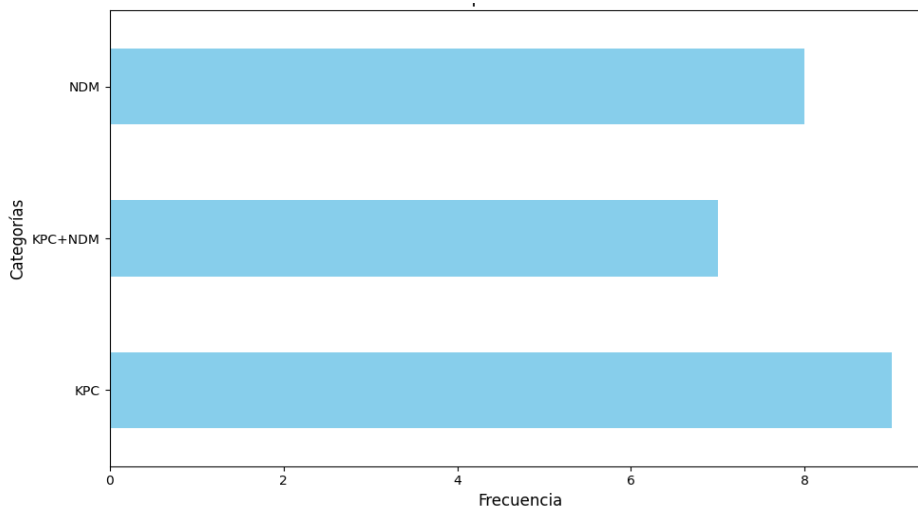
El análisis de los aislados bacterianos durante el año 2023 evidenció la presencia significativa de mecanismos de resistencia antimicrobiana en cepas obtenidas de urocultivos. Se identificaron 130 aislamientos positivos para betalactamasas de espectro extendido (BLEE), de los cuales la mayoría correspondieron a *E. coli* con 94 casos (72.31%), lo que reafirma su papel como el principal patógeno uropatógeno BLEE positivo, en concordancia con estudios como el de Yabar M. *et al.*, (2017), Carcausto *et al.*; (2021) y Garcia *et al.*, (2013) (8,28,48,55,56).

*K. pneumoniae* ss. *pneumoniae* ocupó el segundo lugar con 28 aislamientos (25.23%), lo cual resulta clínicamente relevante dada su alta resistencia a múltiples antibióticos. Vachvanichsanong P. *et al.*, (2022) documentó este fenómeno ampliamente, destacando su comportamiento como productor de BLEE y su implicación en infecciones asociadas a atención en salud. En tercer lugar, *Klebsiella oxytoca* presentó 7 aislamientos (23.33%), reafirmando su papel emergente en infecciones hospitalarias complicadas (29)

Se identificaron aislamientos de *Serratia marcescens* como productores de carbapenemasas tipo NDM (clase B), enzimas con capacidad para inactivar los betalactámicos. Cuatro aislamientos positivos para carbapenemasas tipo KPC (clase A) en cepas de *K. oxytoca*, *K. pneumoniae* y *S. marcescens*, tal como ha sido reportado en la región por Ramírez M. *et al.*, (2020) (57). Además de las coproducciones de carbapenemasas, es importante señalar que en el estudio también se identificó una proporción significativa de aislamientos productores de  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (BLEE). En total, se detectaron 130 cepas BLEE, representando el 10,34% de todos los aislamientos. *E. coli* fue la especie predominante (72,31%), seguida por *Klebsiella pneumoniae* (25,23%) y *Klebsiella oxytoca* (23,33%).

Estos hallazgos son relevantes, ya que la presencia de BLEE limita el uso clínico de cefalosporinas de tercera generación y obliga a considerar alternativas terapéuticas como carbapenémicos o aminoglucósidos, lo cual incrementa la presión selectiva hacia mecanismos de resistencia aún más complejos, incluidos KPC y NDM. **(ver figura 9)**

**Figura 8** Carbapenemasas en el año 2023



La grafica los aislamientos que presentaron carbapenemasas en el año 2023. Datos obtenidos con el software spss versión 29.0. Fuente: Elaboración propia.

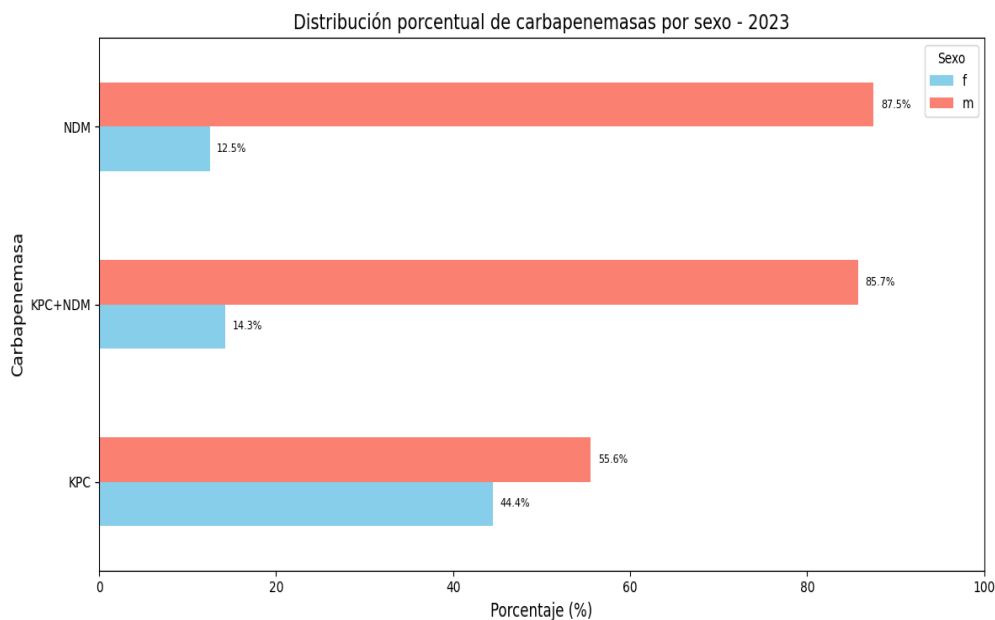
De forma destacable, cinco aislamientos de *K. pneumoniae* presentaron carbapenemasas de tipo A (KPC) y B (NDM) de forma simultánea, lo cual sugiere una combinación de mecanismos que limitan las opciones terapéuticas. La detección de estos mecanismos mediante técnicas como la inmunocromatografía es fundamental para su vigilancia y control, como lo sugiere Nordmann *et al.* (2021) (58).

El patrón de resistencia observado (BLEE en el 25.23% y carbapenemasa en el 6.31%) concuerda con estudios realizados en ciudades como Bogotá y Medellín, donde se ha documentado la circulación de cepas KPC positivas como lo indican los estudios de Ocampo *et al.*, (2015), Rodríguez *et al.*, (2014) y González-Romero *et al.*, (2024) ((9,35,59). Esta alta prevalencia puede atribuirse a su capacidad para adquirir genes de resistencia mediante integrones y plásmidos conjugativos, lo cual refuerza la necesidad de programas de vigilancia activa en la región de Boyacá (60).

### 5.3 Asociación entre los perfiles y mecanismos de resistencia antimicrobiana de los aislados bacterianos de

El análisis de los perfiles de resistencia antimicrobiana en los urocultivos revela una asociación significativa con diversos factores sociodemográficos y clínicos. En primer lugar, la edad y el sexo mostraron una relación evidente con la presencia de bacterias multirresistentes. **(ver figura 10)**

**Figura 9.** Distribución porcentual de Carbapenemasas por sexo y método -2023



La gráfica muestra la distribución porcentual de carbapenemasas (KPC, NDM y KPC+NDM) por sexo y método de detección en 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en la figura 10 se observa la frecuencia de aislamientos productores de carbapenemasas: NDM (87,5 %) y KPC+NDM (85,7 %), mientras que en el caso de KPC la brecha fue menor (55,6 % vs. 44,4 %). Este patrón de predominancia masculina concuerda con el estudio de Zhou J. *et al.* 2025 realizado en un hospital universitario en Colombia, donde el 16,7 % de los aislamientos de Enterobacterias mostraron coexpresión de KPC y NDM (26). La presencia simultánea de ambas enzimas representa una grave amenaza, pues confiere alta resistencia a carbapenémicos y limita las opciones terapéuticas.

Se encontró que *E. coli*, la principal bacteria aislada, fue más frecuente en mujeres jóvenes, lo cual se alinea con su predisposición anatómica a infecciones urinarias no complicadas. Sin embargo, en adultos mayores se observó una mayor proporción de cepas resistentes, especialmente productoras de  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (BLEE). Este patrón puede estar asociado con el envejecimiento del sistema inmunológico y la mayor frecuencia de hospitalizaciones y tratamientos antibióticos en este grupo etario. En este sentido, Volkow P. *et al.* (2024) identificaron que los pacientes mayores de 65 años tenían un riesgo significativamente mayor de infecciones por BLEE, particularmente en el contexto hospitalario (61). Hasta ahora no se han mostrado datos de edad.

En los urocultivos analizados se identificaron cepas productoras de BLEE, AmpC y carbapenemasas. Los datos revelan una mayor frecuencia de aislamiento en pacientes adultos, tanto del medio urbano como rural, con una distribución equilibrada entre géneros, aunque algunas cepas como *E. coli* con NDM fueron más frecuentes en hombres con hiperplasia prostática en áreas rurales.

Las cepas con carbapenemasas tipo KPC y NDM se observaron tanto en adultos como en pacientes pediátricos, lo que evidencia una preocupante diseminación de estos mecanismos de resistencia incluso en poblaciones vulnerables como los niños. Las cepas de *Klebsiella pneumoniae ssp. pneumoniae* con genes KPC y NDM se asociaron con comorbilidades importantes como enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), insuficiencia cardíaca congestiva e hipertensión, lo cual sugiere una posible relación entre la multimorbilidad y la presencia de bacterias multirresistentes.

La identificación de *Serratia marcescens* con genes KPC-NDM, un hallazgo menos común pero clínicamente relevante por su resistencia y la asociación con desnutrición proteico-calórica e infecciones urinarias. También se destaca el aislamiento de cepas con mecanismos AmpC, principalmente en adultos con enfermedades como insuficiencia renal crónica e infecciones urinarias recurrentes, lo cual plantea la necesidad de fortalecer la vigilancia en pacientes con enfermedades crónicas.

En general, los datos sugieren una alta carga de resistencia en pacientes con antecedentes clínicos complejos, lo cual representa un desafío terapéutico importante,

especialmente en contextos rurales donde el acceso a tratamientos puede ser limitado. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar programas de uso racional de antibióticos y monitoreo continuo de la resistencia bacteriana en entornos hospitalarios de todos los niveles. **(ver tabla 5)**

**Tabla 5.** Mecanismos de resistencia Bacteriana y su asociación con antecedentes clínicos y sociodemográficos.

GEN	Microorganismo	Categoría Edad	Genero	Localización	Antecedentes
BLEE	<i>E. coli</i>	Neonatal	Masculino	Urbano	Cianosis
	<i>E. coli</i>	Pediatría	Femenino	Urbano/Rural	Infección de vías urinarias
	<i>E. coli</i>	Pediatría	Masculino	Urbano/Rural	Infección de vías urinarias
	<i>E. coli</i>		Masculino	Urbano/Rural	Infección de vías urinarias, prostatitis aguda, insuficiencia renal, Hipertensión esencial primaria, Diabetes Mellitus
	<i>E. coli</i>		Femenino	Urbano/Rural	Infección de vías urinarias, Hipertensión esencial primaria, Diabetes mellitus, hipotiroidismo.
	<i>K. oxytoca</i>	Adulto	Femenino	Urbano	Diabetes mellitus, desnutrición proteico calórica, Epoc
	<i>K. oxytoca</i>		Masculino	Urbano/Rural	Hiperplasia de próstata, Epoc, Insuficiencia cardiaca congestiva, Insuficiencia Renal, Hipertensión esencial primaria
	<i>K. pneumoniae</i>		Femenino	Urbano	Infección de vías urinarias
	<i>K. pneumoniae</i>		Masculino	Urbano	Hiperplasia de próstata
	<i>K. pneumoniae</i>	Pediatría	Masculino	Urbano	Infección de vías urinarias
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae</i>	Neonatos	Masculino	Urbano/Rural	Infección de vías urinarias, Malformación del sistema Digestivo
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae</i>	Neonatos	Femenino	Urbano/Rural	Programa madre canguro
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae</i>	Pediatría	Masculino	Urbano	Neumonía
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae</i>	Pediatría	Femenino	Urbano	Insuficiencia respiratoria aguda
AMPC	<i>C. freundii</i>			Urbana	Insuficiencia Renal, Estrechez ureteral
	<i>C.r koseri</i>			Urbano/Rural	Insuficiencia Renal, Hidronefrosis
	<i>E. cloacae complex</i>			Urbano/ Rural	Infección de vías urinarias
	<i>M. morgani ssp morgani</i>	Adulto	Femenino	Urbano/ Rural	Infección de vías urinarias, Diabetes Mellitus
	<i>M. morgani ssp sibonii</i>			Urbano	Infección de vías urinarias, Epoc
	<i>P. rettgeri</i>			Urbano	Hipertensión esencial primaria, Linfoma
	<i>S. marcescens</i>			Urbano/ Rural	Cauterización urinaria, Infección de vías urinarias, Hipertensión esencial primaria
Carbapenemasas	<i>E. coli - NDM</i>	Adulto	Femenino	Urbano	Vejiga Neurogénica
	<i>E. coli - NDM</i>	Adulto	Masculino	Rural	Hiperplasia de Próstata
	<i>E. coli - NDM</i>	Pediatría	Femenino	Rural	Incontinencia urinaria
	<i>K. pneumoniae KPC-NDM</i>	Adulto	Masculino	Rural	Epoc, Hipertensión esencial primaria
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae KPC-NDM</i>	Adulto	Femenino	Rural	Infección de vías urinarias, Insuficiencia renal Crónica
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae KPC-NDM</i>	Adulto	Masculino	Urbano	Insuficiencia Cardiaca Congestiva, Hipertensión esencial primaria, Hiperplasia de Próstata
	<i>K. pneumoniae ssp pneumoniae KPC-NDM</i>	Pediatría	Masculino	Urbano	Infección de vías urinarias
<i>S. marcescens KPC -NDM</i>	Adulto	Masculino	Urbano/ Rural	Insuficiencia Cardiaca Congestiva, Hiperplasia de próstata, Desnutrición proteico calórica, Infección de vías urinarias	

La Tabla muestra los microorganismos aislamientos de urocultivo, los mecanismos de resistencia bacteriana, que presentaron por servicio en el año 2023. Fuente: Elaboración propia

Los antecedentes clínicos, especialmente la presencia de comorbilidades crónicas como la diabetes mellitus, enfermedad renal crónica, también se asociaron de forma consistente con la aparición de cepas multirresistentes lo cual concuerda con lo reportado en Sorescu T *et. al.*, (2024) (62). Nitzan *et al.* (2015) indica que la diabetes contribuye a un entorno urinario favorable para la colonización bacteriana persistente y la selección de cepas resistentes debido a las frecuentes recurrencias y tratamientos antibióticos (63). De igual manera, Zaragoza *et al.* (2014) reportaron que los pacientes con enfermedades crónicas presentaron mayor prevalencia de infecciones urinarias por bacterias resistentes a múltiples fármacos, lo que sugiere una relación entre el estado de salud subyacente del paciente y la evolución de la resistencia antimicrobiana (64).

En la misma línea, los resultados de este estudio muestran que el 80.4% de los casos de ITU ocurrieron en adultos, siendo este grupo poblacional el más afectado por las cepas resistentes. Además, se encontró que el 63.5% de los casos correspondieron a mujeres, lo que reafirma la relación entre el sexo femenino y la susceptibilidad a ITUs.

El uso previo de antibióticos se identificó en el 1.0 % de los pacientes con aislamientos resistentes, evidenciándose como un factor determinante en el desarrollo de resistencia antimicrobiana. En los pacientes con antecedentes recientes de tratamiento antibiótico, los urocultivos mostraron una mayor resistencia a ciprofloxacina, ceftriaxona y meropenem. Carcausto *et. al.*, (2021) encontraron que el uso de antimicrobianos en los tres meses anteriores a la toma del urocultivo fue un predictor significativo del aislamiento de BLEE, lo que pone de manifiesto el impacto del uso empírico y a veces inadecuado de antibióticos sobre la microbiota urogenital. En este sentido, la presión de selección inducida por la exposición antibiótica resulta en un cambio del perfil microbiológico, aumentando la prevalencia de organismos resistentes (28).

Desde el punto de vista hospitalario, la hospitalización prolongada y el uso de dispositivos invasivos como la sonda vesical incrementaron significativamente el aislamiento de bacterias resistentes, como *Pseudomonas aeruginosa* resistente a carbapenémicos, En el presente estudio se identificó que el 3.02% de los pacientes presentaron resistencia a carbapenémicos. De este grupo, el 0.95% correspondió a pacientes hospitalizados, y

dentro de ellos, el 0.39% eran portadores de dispositivos invasivos, lo que sugiere una posible asociación entre la hospitalización, el uso de dispositivos y la aparición de resistencia. Villalobos *et al.* (2024) explican que el ambiente hospitalario, al estar expuesto a una alta presión antibiótica, favorece la aparición y diseminación de cepas multirresistentes, especialmente en pacientes con estancias superiores a siete días y dispositivos invasivos (65).

Los datos también revelaron una distribución diferencial de los microorganismos por servicio clínico. *E. coli* fue más prevalente en urgencias de adultos (31.58%) y ginecología (6.60%), lo que está en línea con la alta incidencia de ITUs en mujeres jóvenes. *Klebsiella pneumoniae* se observó con más frecuencia en urgencias y consulta externa, posiblemente asociado con comorbilidades como diabetes y enfermedades respiratorias crónicas. *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter cloacae complex* y *Pseudomonas aeruginosa* se aislaron mayoritariamente en UCI, reflejando su papel como patógenos vinculados a infecciones Asociadas a la Atención en Salud relacionados, como lo mencionan Newman J. *et al.* (2022) y Mekonnen S. *et al.*, (2022) (66,67).

La identificación de mecanismos de resistencia como BLEE y carbapenemasas confirma la capacidad adaptativa de cepas como *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca* y *Serratia marcescens* para resistir la acción de diversos antibióticos. Este hallazgo concuerda con estudios como los de Nordmann *et al.* (2021) y Ramírez M. *et al.*, (2020), que destacan la circulación de cepas productoras de carbapenemasas en hospitales colombianos. Además, se documentaron casos de multirresistencia con combinaciones de BLEE y carbapenemasas, especialmente en *K. pneumoniae*, lo cual limita las opciones terapéuticas disponibles (57,58)

En el análisis de la distribución de microorganismos Gram negativos en los distintos servicios hospitalarios, *E. coli* se destaca como el principal patógeno, especialmente en Urgencias Adultos (31.88%), Consulta Externa (4.69%) y Ginecología (3.84%). Esta alta frecuencia sugiere su papel predominante como agente etiológico de infecciones del tracto urinario en pacientes ambulatorios y en atención de urgencia, donde las infecciones no complicadas son comunes. De manera complementaria, *Klebsiella*

*pneumoniae* (3.42% en Urgencias Adultos y 0.64% en Ginecología) y *Proteus mirabilis* también mostraron presencia relevante, lo que apunta a su participación en infecciones urinarias complicadas. *Stenotrophomonas maltophilia*, *Pseudomonas aeruginosa*, aunque menos frecuente, se observó en servicios quirúrgicos, lo cual puede asociarse a infecciones secundarias por dispositivos médicos o intervenciones quirúrgicas. (ver tabla 12).

**Tabla 6.** Porcentaje de aislamientos por servicio

MICROORGANISMO	URGAD	URG PE	GINECO	C.EXT	UCIAD	UCIPE	UCINE	HOSPED	ORT	HOSADU	HOSMIX	5 NOR	5NORCX	6 NOR	6NORTCX	PISO 7	S.QX
<i>Escherichia coli</i>	31,58%	8,75%	6,60%	4,69%	1,59%	0,32%	0,80%	0,64%	1,11%	0,24%	1,51%	0,40%	0,88%	0,80%	0,32%	0,16%	0,64%
<i>Enterococcus faecalis</i>	3,82%	0,80%	0,08%	0,48%	0,24%	0,08%	1,11%	0,08%	0,16%	-	0,08%	-	0,16%	-	0,16%	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae ss. pneumoniae</i>	3,42%	0,48%	0,64%	0,72%	0,72%	0,64%	0,72%	0,16%	0,32%	-	0,16%	-	0,16%	0,24%	0,08%	0,08%	0,40%
<i>Proteus mirabilis</i>	2,23%	0,64%	0,24%	0,56%	0,40%	0,16%	-	0,08%	0,16%	-	0,08%	0,16%	-	-	0,48%	-	0,32%
<i>Klebsiella oxytoca</i>	1,11%	0,08%	-	0,16%	0,16%	0,08%	0,24%	-	0,08%	-	0,24%	-	-	0,08%	0,08%	0,08%	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,11%	-	-	0,08%	0,24%	-	-	-	0,08%	-	0,32%	0,08%	0,08%	0,08%	-	-	0,24%
<i>Serratia marcescens</i>	1,03%	-	0,08%	0,24%	0,08%	-	-	-	0,08%	-	0,08%	-	-	0,08%	-	-	0,08%
<i>Morganella morganii ss. morganii</i>	0,88%	-	-	0,08%	0,08%	-	-	0,08%	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus saprophyticus ss. saprophyticus</i>	0,56%	0,40%	0,16%	0,16%	-	-	-	-	-	-	0,16%	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus ss. aureus</i>	0,48%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	-	-	0,08%	-	0,08%	-	-	-	0,08%	-	-
<i>Enterobacter cloacae</i>	0,48%	0,16%	-	0,24%	0,32%	0,08%	0,08%	0,08%	-	-	-	0,08%	0,16%	-	0,16%	-	-
<i>Proteus vulgaris</i>	0,40%	-	-	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Streptococcus agalactiae</i>	0,32%	0,08%	-	0,24%	-	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Providencia rettgeri</i>	0,32%	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Klebsiella aerogenes</i>	0,24%	0,24%	-	-	0,08%	0,08%	0,08%	-	0,08%	-	0,08%	-	-	-	-	-	-
<i>Citrobacter freundii</i>	0,24%	-	-	0,16%	-	0,08%	-	-	-	-	0,08%	-	-	0,08%	-	-	-
<i>Proteus penneri</i>	0,24%	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	0,08%	-	-	-	-	0,08%	-	-
<i>Citrobacter koseri (diversus)</i>	0,16%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morganella morganii ss. sibirii</i>	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08%
<i>Staphylococcus warneri</i>	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Serratia liquefaciens</i>	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella sp.</i>	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08%	-	-	-	0,08%	-	0,08%
<i>Klebsiella pneumoniae ss. ozaenae</i>	-	-	-	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08%	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas putida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08%	-
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08%
<i>Citrobacter braakii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hafnia alvei</i>	-	0,08%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La tabla muestra los aislamientos que presentaron por servicio en el año 2023. URGAD. Urgencias adultos, URGPE urgencias pediátricas, GINECO, ginecología, UCIAD unidad de cuidados intensivos adultos. UCIPE, unidad de cuidados intensivos pediátrico, ORT: ortopedia, HOSADU: Hospitalización adultos. HOSMIX: hospitalización mixta. 5NOR, Piso 5 norte, 5NORCX. Piso 5 norte cirugía. 6NOR. Piso 6 norte, 6NORTCX, Piso 6 norte cirugía, PISO 7, S.QX, piso de cirugía. Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la interpretación de la distribución de frecuencias, se utilizó una escala cromática tipo heatmap, en la cual el color representa la frecuencia relativa de aislamiento de cada microorganismo en los diferentes servicios. La gradación de color utilizada es la siguiente:

Rojo intenso: indica la frecuencia más alta registrada para un microorganismo en un servicio específico. Corresponde a los valores de mayor relevancia epidemiológica dentro de la tabla.

Naranja: representa frecuencias altas, aunque no máximas. Indica microorganismos con presencia marcada o importante en el servicio.

Amarillo: señala frecuencias moderadas, donde el microorganismo está presente pero no predomina frente a otros.

Amarillo claro: corresponde a frecuencias bajas o esporádicas, usualmente asociadas a valores mínimos de aislamiento.

Blanco o guion (—): indica ausencia de aislamientos para ese microorganismo en el servicio durante el año analizado.

Asimismo, *Klebsiella aerogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Serratia marcescens* se identificaron en menor proporción, pero su aparición en Unidades de Cuidado Intensivo y áreas críticas alerta sobre su capacidad de causar infecciones oportunistas en pacientes inmunocomprometidos. La presencia de *Enterococcus faecalis* en Urgencias Adultos (3.82%), Ginecología (0.69%) y Consulta Externa (0.49%) refuerza su implicación en infecciones urinarias, especialmente en pacientes con factores predisponentes como sondas o antecedentes quirúrgicos recientes. Por otro lado, la detección de estafilococos coagulasa negativa en múltiples servicios, aunque en proporciones menores, sugiere su papel en infecciones relacionadas con heridas quirúrgicas, dispositivos invasivos o piel.

Esta distribución reafirma la necesidad de mantener vigilancia microbiológica constante para orientar adecuadamente el tratamiento empírico y las medidas de control hospitalario (62).

Los anteriores hallazgos reafirman que la resistencia antimicrobiana no es un fenómeno aislado del comportamiento bacteriano, sino que está estrechamente relacionada con las características clínicas y sociales de los pacientes. Identificar estos factores permite anticiparse al tipo de microorganismo y su perfil de resistencia, optimizando así el tratamiento empírico, mejorando los desenlaces clínicos y reduciendo el uso innecesario de antibióticos de amplio espectro. Además, refuerza la importancia de implementar políticas institucionales de vigilancia microbiológica y programas de optimización del uso de antimicrobianos (66), como medidas claves en el control de la resistencia. Los estudios consultados coinciden en que un enfoque integral que considere tanto las variables microbiológicas como las condiciones del paciente siendo esencial para enfrentar resistencias crecientes en el entorno hospitalario.

## 6. Conclusiones

Las infecciones urinarias se presentaron principalmente en mujeres adultas y en población urbana, evidenciando la influencia de factores anatómicos y la mayor exposición a servicios de salud. Las comorbilidades como hipertensión, diabetes y EPOC, junto con el uso de sondas vesicales y dispositivos invasivos, fueron determinantes en la aparición y recurrencia. Estos hallazgos confirman la relación entre factores sociodemográficos y clínicos y la carga de ITU, resaltando la necesidad de medidas preventivas focalizadas y una vigilancia microbiológica continua en los grupos de mayor riesgo.

El análisis de los urocultivos identificó a *E. coli* como principal agente etiológico, seguido por *K. pneumoniae* y otras enterobacterias oportunistas. Se evidenció un patrón de resistencia elevado frente a trimetoprim/sulfametoxazol, ciprofloxacina y cefalosporinas de tercera generación. Los mecanismos predominantes fueron la producción de BLEE y la presencia de carbapenemasas tipo KPC y NDM, algunas en coproducción, lo que reduce las opciones terapéuticas. Estos resultados resaltan la necesidad de fortalecer la vigilancia microbiológica y optimizar el uso de antimicrobianos en la región.

Los hallazgos del estudio muestran que la resistencia antimicrobiana observada en los uropatógenos es atribuible a mecanismos bacterianos adquiridos, como BLEE, AmpC y carbapenemasas, mientras que las características clínicas y sociodemográficas del paciente influyen principalmente en la probabilidad de adquirir la infección y en su gravedad, mas no en la resistencia intrínseca de la bacteria. Por ello, es fundamental diferenciar entre la capacidad de la bacteria para resistir un antibiótico y los factores del huésped que aumentan el riesgo de infección.

La identificación de *Hafnia alvei*, *Staphylococcus warneri* y *Citrobacter braakii* en urocultivos demuestra que, aunque poco frecuentes, estos microorganismos pueden desempeñar un papel clínico relevante en pacientes con factores predisponentes. Su presencia resalta la necesidad de reconocerlos como posibles agentes etiológicos y de evaluar cuidadosamente sus patrones de resistencia para orientar un tratamiento oportuno y eficaz.

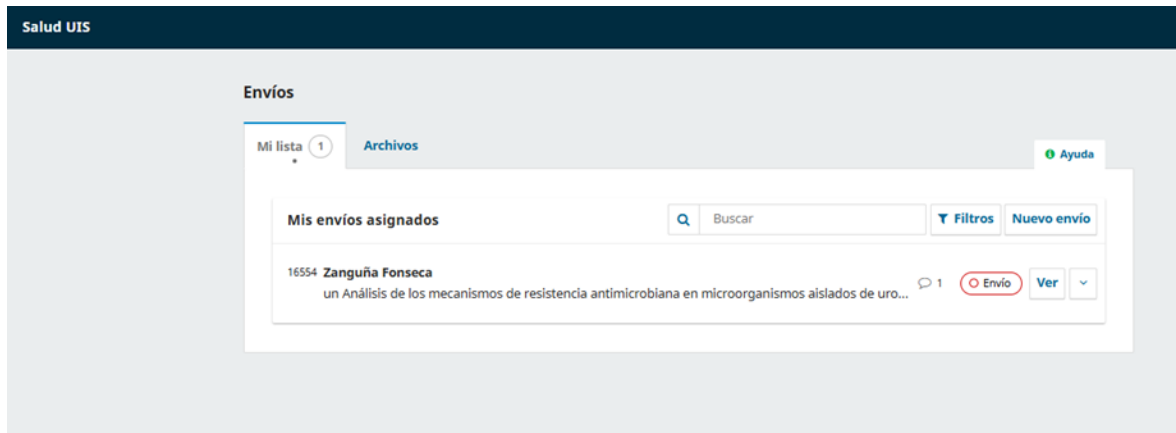
## 7. Recomendaciones y perspectivas

Este trabajo puede ser complementado con nuevos proyectos que evalúen la información en periodos más amplios, permitiendo identificar tendencias temporales en los perfiles de resistencia bacteriana y su relación con factores clínicos y sociodemográficos, lo que fortalecería las estrategias de vigilancia y control en el ámbito hospitalario y comunitario.

Fomentar proyectos de investigación y programas de formación dirigidos a estudiantes y profesionales de la salud, con el fin de fortalecer las competencias en microbiología clínica, resistencia bacteriana y uso racional de antibióticos, promoviendo así una cultura científica orientada a la prevención y el control de infecciones.

## 8. Apropiación Social del Conocimiento y/o publicaciones

Sometimiento Artículo Original



### A. Anexo 2

Participación evento semana de la investigación



**UB** Universidad de Boyacá®




LA VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA E INNOVACIÓN

CERTIFICA QUE

*Luisa Fernanda Zanguña Fonseca*

C.C. 1053611928 de Paipa

Participó como ponente del proyecto "Análisis de los mecanismos de resistencia antimicrobiana en microorganismos aislados de urocultivo y su asociación con antecedentes clínicos y sociodemográficos" en la Semana de Investigación e Innovación 2025, desarrollada del 01 al 05 de septiembre de 2025.

  
Claudia Patricia Quevedo Vargas

  
Elisa Andrea Cobo Mejia

## Encuentro de semilleros



**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**  
*Resolución 828 de marzo 13 de 1996 expedida por el Ministerio de Educación Nacional*

*La Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión  
y la Subdirección de Investigación, Innovación y Desarrollo*

**Hace Constar Que:**

*Luisa Fernanda Languña Fonseca*

*Documento de Identidad: 1053611928*

Participó en calidad de Ponente con el tema:

**Análisis de los mecanismos de resistencia antimicrobiana en microorganismos aislados de urocultivos y su asociación con antecedentes clínicos y sociodemográficos**

En el marco del XII Encuentro de Grupos de Investigación y XIV Encuentro de Semilleros de Investigación Innovación Transferible: Conectando el Conocimiento con el Mundo Real

Realizado en Modalidad Híbrida, entre el 22 y el 24 de octubre de 2025

*En constancia se firma la presente en Bogotá D. C., a los 30 días del mes de octubre de 2024*

  
**Leonardo Alexander Rodríguez López**  
Vicerrector de Investigación, Innovación y Extensión

  
**Luis Guillermo Muñoz Angulo**  
Subdirector de Investigación, Innovación y Desarrollo


## 9. Referencias

1. Da Silva JB, Espinal M, Ramón-Pardo P. Antimicrobial resistance: Time for action. Vol. 44, Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health. Pan American Health Organization; 2020.
2. OMS. OMS, Resistencia a los antibióticos. 2020 Jul 31;1–8.
3. OMS. La OMS publica el primer informe mundial sobre prevención y control de infecciones (PCI). 2022 May 6;1–5.
4. Allel K, García P, Labarca J, Munita JM, Rendic M, Undurraga EA. Socioeconomic factors associated with antimicrobial resistance of

- Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli* in Chilean hospitals (2008-2017). *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*. 2020 Sep 1;44(1).
5. Zulma SLC. Informe del comportamiento de infecciones asociadas a la atención asociada a la atención en salud en Boyacá con corte a semana Epidemiologica 40 de 2020. 2020;1–12.
  6. Semana epidemiológica.
  7. Instituto Nacional de salud. Comportamiento de las infecciones asociadas a la atención en salud Semana epidemiológica 44 [Internet]. Colombia; 2021 [cited 2025 Jan 1]. Available from: [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2021\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_44.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2021_Boletin_epidemiologico_semana_44.pdf?utm_source=chatgpt.com)
  8. Shams S, Hashemi A, Esmkhani M, Kermani S, Shams E, Piccirillo A. Imipenem resistance in clinical *Escherichia coli* from Qom, Iran. *BMC Res Notes*. 2018 May 18;11(1).
  9. Losada I, Barbeito G, García-Garrote F, Fernández-Pérez B, Malvar A, Hervada X, *et al.* Antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* producers of community urinary tract infections in Galicia (Spain). Period: 2016-2017. *Aten Primaria*. 2020 Aug 1;52(7):462–8.
  10. Matta-Chuquisapon J, Valencia E, Sevilla C, Barron-Pastor H. Phylogeny and antimicrobial resistance of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* from hospitalized oncology patients in Perú. *Biomedica*. 2022;42(3).
  11. Leal AL, Cortés JA, Arias G, Ovalle MV, Saavedra SY, Buitrago G, *et al.* Emergencia de fenotipos resistentes a cefalosporinas de tercera generación en *Enterobacteriaceae* causantes de infección del tracto urinario de inicio comunitario en hospitales de Colombia. *Enferm Infec Microbiol Clin*. 2013;31(5):298–303.
  12. Orrego CHCCJ. Prevalencia de infección urinaria, uropatógenos y perfil de susceptibilidad antimicrobiana. 2014 Oct;352–8.
  13. Delgado-Serrano J, José Albarracín M, José Albarracín Ruiz M, Andrea Rangel-Vera J, Galeano-Salazar E, Niño-Vargas D, *et al.* Perfil de resistencia antimicrobiana de aislamientos bacterianos en pacientes con infección urinaria de un centro de referencia en Bucaramanga. *Depresión*

- Infecciones urinarias Agotamiento profesional [Internet]. 2021;23(3):405–13. Available from: <https://doi.org/10.29375/issn.0123-7047>
14. Antón M, Raquel J, Sáiz E, Ortés Gómez R. Infección Urinaria Capítulo 42. 2002.
  15. 2023\_Boletín\_epidemiologico\_semana\_44.
  16. Guia Betalactamasas. Beta-Lactamasas. 2015 Jan 16;15–21.
  17. Flores-Mireles AL, Walker JN, Caparon M, Hultgren SJ. Urinary tract infections: Epidemiology, mechanisms of infection and treatment options. Vol. 13, Nature Reviews Microbiology. Nature Publishing Group; 2015. p. 269–84.
  18. Celis Y, Esparza G, Zachariah R, Pérez F. Operational research to strengthen evidence-based interventions to tackle antimicrobial resistance in the Region of the Americas. Vol. 47, Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health. Pan American Health Organization; 2023.
  19. INS. Boletín Epidemiológico Semanal Semana Epidemiológica. 2024.
  20. Stewart ZE, Shaker M, Baxter JD. Urinary Tract Infection Caused by *Citrobacter koseri* in a Patient With Spina Bífida, an Ileal Conduit and Renal Caluli Progressing to Peri-nephric Abscess and Empyema. Urol Case Rep. 2017 Feb 1;11:22–4.
  21. Oviedo PL. Infección de vías urinarias en mujeres gestantes. Vol. 6, Revista Medica Sinergia. 2021.
  22. Morión Grande M, Martín-Gómez MA, Quereda Castañeda A, López Jiménez V, Cabezas Fernández T. Disparidad social, factores de riesgo y enfermedad renal crónica. Nefrología. 2016 Sep;36(5):575–7.
  23. Ortiz-Mayorga JL, Pineda-Rodríguez IG, Dennis RJ, Porras A. Costos atribuidos a las infecciones asociadas con la atención en salud en un hospital de Colombia, 2011-2015. Biomedica. 2019;39(1):102–12.
  24. Calderón-Jaimes E, Casanova-Román G, Galindo-Fraga A, Gutiérrez-Escoto P, Landa-Juárez S, Moreno-Espinosa S, *et al.* Diagnóstico y tratamiento de las infecciones en vías urinarias: un enfoque multidisciplinario para casos no complicados [Internet]. 2013. Available from: [www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)

25. Mascaró J, Barceló M, Francia E, Torres O, Ruiz D. Infecciones en el paciente anciano. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2009;44(5):280–8.
26. Zhou Y, Zhou Z, Zheng L, Gong Z, Li Y, Jin Y, *et al*. Urinary Tract Infections Caused by Uropathogenic *Escherichia coli*: Mechanisms of Infection and Treatment Options. Vol. 24, *International Journal of Molecular Sciences*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023.
27. Bush K, Bradford PA.  $\beta$ -lactams and  $\beta$ -lactamase inhibitors: An overview. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2016 Aug 1;6(8).
28. Carcausto Huamani E, Rodríguez-Hurtado D. Factores de riesgo para infección urinaria por *Escherichia coli* BLEE positiva. *Acta Médica Colombiana*. 2021 Nov 24;47(2).
29. Vachvanichsanong P, McNeil EB, Dissaneewate P. Extended-spectrum beta-lactamase *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* urinary tract infections. *Epidemiol Infect*. 2020;
30. Francisco J, Tejeda Rosales E. Análisis taxonómico mediante química computacional de betalactamasas. Artículo Original Taxonomical analysis of betalactamase proteins using computational chemistry.
31. Wang X, Wang Y, Luo L, Tan L, Cai W, Chen L, *et al*. Prevalence and Associated Factors of Urinary Tract Infection in Patients with Diabetic Neuropathy: A Hospital-Based Cross-Sectional Study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*. 2023;16:1261–70.
32. Ernst CM, Braxton JR, Rodriguez-Osorio CA, Zagieboylo AP, Li L, Pironti A, *et al*. Adaptive evolution of virulence and persistence in carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Nat Med*. 2020 May 1;26(5):705–11.
33. Chegini Z, Khoshbayan A, Vesal S, Moradabadi A, Hashemi A, Shariati A. Bacteriophage therapy for inhibition of multi drug-resistant uropathogenic bacteria: a narrative review. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2021 Jul;20(1):30.
34. Larrea CAP. INCIDENCIA DE INFECCIÓN DEL TRACTO URINARIO ASOCIADO A CATÉTER VESICAL. Vol. 8, *Revista de Investigación Talentos*. 2021. p. 84.
35. González-Romero AC, Muñoz-Guevara A, Cordovez -Martínez M del C, Peñafiel-Méndez CI. Infecciones por *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasa tipo KPC. *MQRInvestigar*. 2024 May 6;8(2):1587–606.

36. María L, Toro E, León S, Muñoz A, Restrepo JR. MEDICINA UPB 28(2): K. pneumoniae y betalactamasas. Un problema creciente K. pneumoniae and beta-lactamases. A rising issue [Internet]. 2009. Available from: [www.grupogermen.org](http://www.grupogermen.org)
37. Kim A, Ahn J, Choi WS, Park HK, Kim S, Paick SH, *et al.* What is the Cause of Recurrent Urinary Tract Infection? Contemporary Microscopic Concepts of Pathophysiology. *Int Neurourol J.* 2021 Jul;25(3):192–201.
38. Aon M, Aoun AH, Al Shami A, Alharbi A, Aljenfawi K, Al-Anazi S, *et al.* Diabetes Mellitus Association With Increased Mortality in Carbapenem-Resistant Enterobacteriales Infections. *Cureus.* 2024 Feb 5;
39. Duran JoséPA. RESISTENCIA Y SENSIBILIDAD BACTERIANA EN UROCULTIVOS EN UNA POBLACIÓN DE MUJERES DE ECUADOR. Resistencia y sensibilidad bacteriana en urocultivos en una población de mujeres de Ecuador. 2018 Feb 26;2.
40. Alviz-Amador A, Gamero-Tafur K, Caraballo-Marimon R, Gamero-Tafur J. Prevalence of urinary tract infection, uropathogens and susceptibility profile in a hospital of cartagena-Colombia in 2016. *Revista Facultad de Medicina.* 2018 Jul 1;66(3):313–7.
41. Victor R. Nefropatía Diabética, condiciones de salud y estilos de vida en pacientes con diabetes tipo 2. 2023.
42. Berrospi Rojas C, Callupe Laurencio G, Cachay Lu C, Arteaga Livias F. Infección del tracto urinario por salmonella no typhi en paciente diabética. *Revista Peruana de Investigación en Salud.* 2018 Jul 6;2(1):74–7.
43. Egede LE, Hull BJ, Williams JS. CAPÍTULO 30 Infecciones asociadas con la diabetes [Internet]. 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567992/>
44. Kamei J, Yamamoto S. Complicated urinary tract infections with diabetes mellitus. *Journal of Infection and Chemotherapy.* 2021 Aug 1;27(8):1131–6.
45. Fernández PV, Aranda HG, Gutiérrez AAV, Mancilla VL, Dávila A, Velázquez C, *et al.* Incidencia de infección de vías urinarias con catéter de nefrostomía percutánea posterior a la implementación de un programa estandarizado de cuidados. *Gac Med Mex [Internet].* 2024;160(1):43–8. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9373402>

46. Lucía Araújo D, Boris Betancourt D, Gabriela Dos Santos D, González V, Limay Vasques D, Vignolo W, *et al.* La Hipertensión Arterial es factor de riesgo para el desarrollo y progresión de la Enfermedad Renal Crónica.
47. Becerra AM, Parra D, Ordoñez CGT, Azuero J, García S, Almendrales FD, *et al.* Infección de vías urinarias no complicada en mujeres. *Urología colombiana* [Internet]. 2021;30(2):123–34. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7995909>
48. Garcia M. *Escherichia coli* portador de betalactamasas de espectro extendido. Resistencia [Internet]. 2013 [cited 2025 Jan 13]. Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1887-85712013000400003&script=sci\\_arttext&utm\\_source=chatgpt.com](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1887-85712013000400003&script=sci_arttext&utm_source=chatgpt.com)
49. Liu H, Zhu J, Hu Q, Rao X. *Morganella morganii*, a non-negligent opportunistic pathogen. Vol. 50, *International Journal of Infectious Diseases*. Elsevier B.V.; 2016. p. 10–7.
50. Zhou J, Zhen M, Gao K, Xu L, Zhang D, Yang J. Emergence and clonal dissemination of KPC-2- and NDM-1-coharboring *Citrobacter freundii* in China with an IncR plasmid . *Microbiol Spectr*. 2025 Feb 4;13(2).
51. Kanuparth A, Challa T, Meegada S, Siddamreddy S, Muppidi V. *Staphylococcus warneri*: Skin Commensal and a Rare Cause of Urinary Tract Infection. *Cureus*. 2020 May 28;
52. Liu CH, Lin WJ, Wang CC, Lee KL, Tsai MC. Young-infant sepsis combined with urinary tract infection due to *Hafnia alvei*. *J Formos Med Assoc*. 2007;106(3 Suppl).
53. Anáhuac México U, Georgina Solano-Gálvez S, Manuel Paz Zarza V, Mangwani Mordani S, Martínez Maldonado A, Álvarez Hernández D, *et al.* *Pseudomonas aeruginosa*: patogenicidad y resistencia antimicrobiana en la infección urinaria [Internet]. Mexico; 2019. Available from: [www.sochinf.cl](http://www.sochinf.cl)
54. Ballaben AS, de Almeida OGG, Ferreira JC, de Oliveira Garcia D, Doi Y, Ernst RK, *et al.* Phenotypic and in silico characterization of carbapenem-resistant *Serratia marcescens* clinical strains. *J Glob Antimicrob Resist*. 2025 May 1;42:105–12.
55. Shams S, Hashemi A, Esmkhani M, Kermani S, Shams E, Piccirillo A. Imipenem resistance in clinical *Escherichia coli* from Qom, Iran. *BMC Res Notes*. 2018 May;11(1):314.

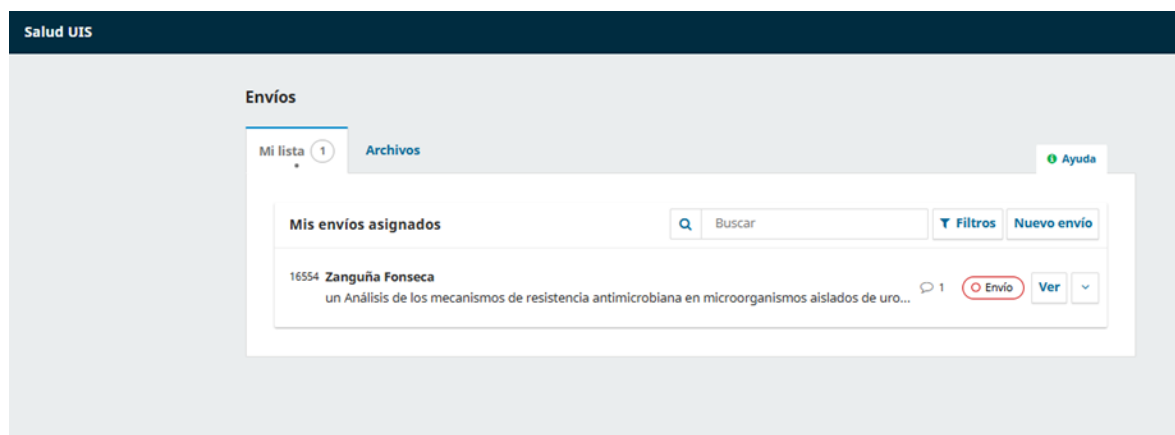
56. Yábar MN, Curi-Pesantes B, Torres Pérez-Iglesias CA, Calderón-Anyosa R, Riveros M, Ochoa TJ. Multiresistance and factors associated with the presence of extended-spectrum beta-lactamases in *Escherichia coli* strains isolated from urine culture. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2017 Oct 1;34(4):660–5.
57. Ramírez-Larrota JS, Eckhard U. An Introduction to Bacterial Biofilms and Their Proteases, and Their Roles in Host Infection and Immune Evasion. Vol. 12, *Biomolecules*. MDPI; 2022. p. 1–19.
58. Nordmann P, Poirel L. Epidemiology and Diagnostics of Carbapenem Resistance in Gram-negative Bacteria. *Clinical Infectious Diseases*. 2019 Nov 13;69:S521–8.
59. Rodríguez EC, Saavedra SY, Leal AL, Álvarez C, Olarte N, Valderrama A, *et al*. Diseminación de *Klebsiella pneumoniae* productoras de KPC-3 en hospitales de Bogotá durante un periodo de tres años. *Biomedica*. 2014;34(SUPPL.1):224–31.
60. Ocampo AM, Vargas CA, Sierra PM, Cienfuegos AV, Jiménez JN. Caracterización molecular de un brote de *Klebsiella pneumoniae* resistente a carbapenémicos en un hospital de alto nivel de complejidad de Medellín, Colombia. *Biomedica*. 2015;35(4):496–504.
61. Volkow P, García-Aranda H, Vázquez-Gutiérrez AA, Lárraga-Mancilla V, Dávila A, Velázquez C, *et al*. Incidence of urinary tract infections in patients with permanent percutaneous nephrostomy after implementation of a standardized care program. *Gac Med Mex*. 2024 Jan 1;160(1):43–8.
62. Sorescu T, Licker M, Timar R, Musuroi C, Muntean D, Voinescu A, *et al*. Characteristics of Urinary Tract Infections in Patients with Diabetes from Timișoara, Romania: Prevalence, Etiology, and Antimicrobial Resistance of Uropathogens. *Medicina (Lithuania)*. 2024 Nov 1;60(11).
63. Nitzan O, Elias M, Chazan B, Saliba W. Urinary tract infections in patients with type 2 diabetes mellitus: Review of prevalence, diagnosis, and management. Vol. 8, *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*. Dove Medical Press Ltd; 2015. p. 129–36.
64. Zaragoza R, Ramírez P, López-Pueyo MJ. Infección nosocomial en las unidades de cuidados intensivos. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2014;32(5):320–7.

65. Villalobos EST, Ossa JAMD la, Meza YP, Gullosa ACR. Nueve años de tendencia en la resistencia a ciprofloxacina por *Escherichia coli*: estudio transversal en un hospital de Colombia. *Cad Saude Publica*. 2024;40(7):e00031723.
66. Newman JN, Floyd R V, Fothergill JL. Invasion and diversity in *Pseudomonas aeruginosa* urinary tract infections. *J Med Microbiol*. 2022 Jul;71(3):1458.
67. Mekonnen SA, Hussein N EI, Turdiev A, Carter JA, Belew AT, El-Sayed NM, *et al*. Catheter-associated urinary tract infection by *Pseudomonas aeruginosa* progresses through acute and chronic phases of infection. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2022 Jul;119(50):e2209383119.

## Anexos

### B. Anexo 1

Sometimiento Articulo Original



### C. Anexo 2

Participación evento semana de la investigacion

### **D. Anexo 3**

Use el formato sugerido en esta parte del documento.