

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

**FENOTIPIFICACIÓN DE RESISTENCIA A β -LACTÁMICOS Y
FACTORES DE VIRULENCIA EN ENTEROBACTERIAS DEL
HISOPADO CLOACAL DE PALOMAS (*Columba livia*), SAN
SEBASTIAN – CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. DYER MARCO CCORI BOLIVAR

Br. ANTAURO ARON LUQUE QUISPE

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE BIÓLOGO**

ASESORA:

Mg. ELSA GLADYS AGUILAR ANCORI

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** ELSA GLADYS AGUILAR ANCORI.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: FENOTIPIFICACIÓN DE RESISTENCIA
A B-LACTÁMICOS Y FACTORES DE VIRULENCIA EN ENTEROBACTERIAS
DEL HISOPADO CLOACAL DE PALOMAS (Columba livia), SAN SEBASTIAN
- CUSCO.....

Presentado por: DYER MARIO CORTI BOLIVAR..... DNI N°;
presentado por: ANTAURA ARON LUQUE QUISPE..... DNI N°: 75314969.....
Para optar el título Profesional/Grado Académico de BIOLOGO.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02... veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 11 de Julio..... de 2026.....

Firma

Post firma ELSA GLADYS AGUILAR ANCORI

Nro. de DNI 23859957

ORCID del Asesor 0000-0002-8942-8868

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:607077310.....

DYER CCORI BOLIVAR ANTAURO LUQUE QUISPE

FENOTIPIFICACIÓN DE RESISTENCIA A BETA-LACTÁMICOS Y FACTORES DE VIRULENCIA EN ENTEROBACTERIAS DEL HIS...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:607077310

Fecha de entrega

11 jul 2026, 10:50 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 jul 2026, 10:53 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

FENOTIPIFICACIÓN DE RESISTENCIA A BETA-LACTÁMICOS Y FACTORES DE VIRULENCIA EN ENTER....pdf

Tamaño del archivo

2.3 MB

154 páginas

30.700 palabras

175.093 caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi familia especialmente a mi mamá Delia a mi abuela Andrea por ser los pilares de mi vida y por nunca permitir que faltara un plato de comida en nuestra mesa.

A mi abuelo Marcos, que en paz descansa y que siempre lo tengo presente.

A mi ídolo Cristiano Ronaldo, porque en los momentos más difíciles de esta investigación me motivó a seguir adelante y a no rendirme. Por su esfuerzo, disciplina, fortaleza mental y trabajo duro que me enseñaron que, aunque las cosas se pongan complicadas siempre hay motivos para seguir luchando por los objetivos de la vida.

DYER MARCO C. BOLIVAR

DEDICATORIA

A mis padres por darme la vida, a mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y, por último, a todas aquellas personas que me apoyaron durante el transcurso de esta investigación y me brindaron de la motivación que me permitió seguir adelante.

ANTAURO ARON LUQUE QUISPE

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos llegar hasta este momento y darnos la oportunidad de seguir adelante.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y la Facultad de Ciencias Biológicas por nuestra formación académica a lo largo de estos años.

Al Laboratorio Institucional de Microbiología e Inmunología por permitirnos ser parte y poder realizar la investigación.

Al área de microbiología del Hospital Regional del Cusco por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación.

A nuestra asesora Mgt. Elsa Gladys Aguilar Ancori, por su paciencia, enseñanzas y por guiarnos en el desarrollo de este trabajo.

A la Blg. Laura Isabel Campo Pfuyo, por su apoyo y disposición en la ayuda del proceso de esta investigación.

A mis amigos, familiares y compañeros de trabajo, por su apoyo, ayuda y motivación en esta etapa de nuestra vida.

Los Bachilleres.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
INTRODUCCIÓN	II
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	IV
JUSTIFICACIÓN.....	VII
OBJETIVOS.....	VIII
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Antecedentes internacionales	1
1.1.2 Antecedentes nacionales.....	2
1.2 La paloma (<i>Columba livia</i>)	4
1.2.1 Aspectos generales de la paloma (<i>Columba livia</i>)	4
1.2.2 Ubicación taxonómica	4
1.2.3 Morfología de la paloma (<i>Columba livia</i>).....	5
1.2.4 Distribución urbana de la paloma (<i>Columba livia</i>)	7
1.2.5 Patrones migratorios urbanos	8
1.2.6 La paloma (<i>Columba livia</i>) como vector de enterobacterias resistentes a β-lactámicos	9
1.2.7 Importancia zoonótica de las enterobacterias en aves silvestres y urbanas	9
1.2.8 Factores responsables de la resistencia antimicrobiana en aves.....	10
1.2.9 Riesgo zoonótico y vías de transmisión	10
1.3 Enterobacterias	11
1.3.1 Características generales de las enterobacterias	11

1.3.2	Fisiología de las enterobacterias.....	12
1.3.3	Características generales de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	12
1.3.4	Características generales de <i>Escherichia coli</i>	14
1.4	Resistencia antimicrobiana.....	16
1.4.1	Bacterias multidrogorresistentes (MDR).....	17
1.4.2	β -lactamasas	17
1.5	Factores de virulencia en enterobacterias.....	18
1.5.1	Hemólisis.....	19
1.5.2	Produccion de proteasas (caseína y gelatina).	20
1.5.3	Producción de biofilms (biopelículas).....	20
1.5.4	Produccion de lipasas	20
CAPÍTULO II MATERIALES Y METODOLOGÍA		23
2.1	Área de estudio.....	23
2.2	Materiales	23
2.2.1	Material biológico.	23
2.2.2	Cepas control.....	23
2.2.3	Material de laboratorio o gabinete.....	24
2.3	Tipo de investigación	27
2.3.1	Línea de investigación.....	27
2.3.2	Lugar de ejecución.	27
2.3.3	Descripción del área de estudio.....	27

2.3.4	Muestreo probabilístico	28
2.3.5	Criterios para la selección de los puntos de muestreo	28
2.4	Métodos y fundamentos	30
2.4.1	Características de los puntos de muestreo	30
2.4.2	Captura de palomas (<i>Columba livia</i>)	31
2.4.3	Aislamiento de enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>)	34
2.4.4	Determinación de la resistencia a β -lactámicos, empleando el método Kirby- Bauer.	37
2.4.5	Confirmación fenotípica de resistencia a β - lactámicos.	39
2.4.6	Determinación fenotípica de factores de virulencia	41
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
3.1	Aislamiento de enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>)	46
3.1.1	Distribución general de las palomas muestreadas	46
3.1.2	Aislamiento de enterobacterias y crecimiento diferencial a partir de medios selectivos por punto de muestreo	47
3.1.3	Frecuencia de palomas (<i>Columba livia</i>) con enterobacterias resistentes a β - lactámicos.	50
3.1.4	Frecuencia de cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas en palomas (<i>Columba livia</i>)	53

3.1.5	Frecuencia de especies de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas en palomas (<i>Columba livia</i>)	55
3.2	Determinación de los perfiles de resistencia de las enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas.....	58
3.2.1	Resistencia antimicrobiana de cepas de <i>Escherichia coli</i>	58
3.2.2	Resistencia antimicrobiana de cepas de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	62
3.3	Confirmación fenotípica de mecanismos de resistencia, β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas	64
3.3.1	Distribución de la confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de <i>Escherichia coli</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.	65
3.3.2	Distribución de la confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de <i>Klebsiella pneumoniae</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.....	68
3.3.3	Confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido y carbapenemasas en cepas de <i>Escherichia coli</i>	70
3.3.4	Confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	71
3.4	Determinación fenotípica de factores de virulencia en enterobacterias	72
3.4.1	Determinación fenotípica de factores de virulencia en <i>Escherichia coli</i>	73
3.4.2	Determinación fenotípica de factores de virulencia en <i>Klebsiella pneumoniae</i> . ..	76
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES	81

BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Características morfológicas externas para la determinación de la edad en palomas (<i>Columba livia</i>).	6
Figura 2	Diferencias morfológicas para la determinación de sexo en palomas (<i>Columba livia</i>).	6
Figura 3	Mapa de los puntos de muestreo de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.	29
Figura 4	Puntos de muestreo donde se realizaron la captura de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.	31
Figura 5	Marcaje de palomas (<i>Columba livia</i>), siguiendo un patrón de corte en las alas. ..	33
Figura 6	Recolección de muestras de hisopado cloacal de palomas (<i>Columba livia</i>) procedentes del distrito de San Sebastián.	35
Figura 7	Distribución de palomas (<i>Columba livia</i>) con aislados de cepas de enterobacterias con y sin fenotipo de resistencia a β -lactámicos, San Sebastián, Cusco 2025.	51
Figura 8	Distribución general de palomas (<i>Columba livia</i>) con presencia de enterobacterias resistencia a β -lactámicos en el distrito de San Sebastián, Cusco, 2025.	52
Figura 9	Distribución porcentual de las cepas resistentes a β -lactámicos en el distrito de San Sebastián, Cusco en el periodo de marzo-abril 2025	53
Figura 10	Distribución de especies de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas a partir de muestras de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>).	56
Figura 11	Perfil de susceptibilidad antimicrobiana de colonias de <i>Escherichia coli</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>).	59

Figura 12	Confirmacion fenotípica para β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) en las cepas aisladas a partir de palomas (<i>Columba livia</i>).	64
Figura 13	Pruebas fenotípicas confirmatorias para la detección de carbapenemasas mediante el uso de inhibidores específicos (ácido borónico y EDTA).	65
Figura 14	Distribución de la confirmación fenotípica de número de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) en cepas de <i>Escherichia coli</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastian.	66
Figura 15	Resultados de pruebas de factores de virulencia en <i>Escherichia coli</i> aisladas de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) – San Sebastián, Cusco, 2025 .	74
Figura 16.	Resultados de pruebas de factores de virulencia en <i>Klebsiella pneumoniae</i> aisladas de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>).	77
Figura 17	Recorte siguiendo un patron especifico en las alas de palomas (<i>Columba livia</i>) para el marcaje.....	126
Figura 18	Aislamiento de colonias de enterobacterias resistentes a β -lactámicos a partir de palomas (<i>Columba livia</i>) con y sin antibioticos.	126
Figura 19	Identificación bioquimica correspondiente a <i>Klebsiella pneumoniae</i> resistentes a β -lactámicos aislada a partir de palomas (<i>Columba livia</i>) a partide hisopados cloacales, procedente del distrito de San Sebastian, 2025.	127
Figura 20	Control de antibiograma utilizando una cepa control <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	128
Figura 21	Controles para la confirmación de produccion de carbapenemasas.....	129
Figura 22	Presencia de actividad hemolíticas en agar sangre de carnero al 5%.....	129
Figura 23	Confirmación de lisis de gelatina en agar Gelatina al 3%.....	130
Figura 24	Confirmación de lisis de lipidos en agar Tween 80°.....	130
Figura 25	Confirmación de lisis de caseina en agar leche al 1%.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características de los puntos de muestreo en el distrito de San Sebastián.....	30
Tabla 2	Puntos de muestreo de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.	32
Tabla 3	Distribución de las palomas según sexo y grupo etario.	46
Tabla 4	Distribución de palomas (<i>Columba livia</i>) con aislados de enterobacterias con y sin fenotipo de resistencia a β -lactámicos – San Sebastián, Cusco, 2025.....	50
Tabla 5	Frecuencia de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas en muestras de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) – San Sebastián, Cusco, en el periodo de marzo-abril 2025	53
Tabla 6	Frecuencia de cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos detectadas en muestras de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) – San Sebastián, Cusco, en el periodo de marzo-abril 2025.....	55
Tabla 7	Perfil de resistencia antimicrobiana de cepas de <i>Escherichia coli</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>).	58
Tabla 8	Perfil de resistencia antimicrobiana de cepas de <i>Klebsiella pneumoniae</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>).	62
Tabla 9	Distribución de la confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de <i>Escherichia coli</i> aisladas de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.	65
Tabla 10	Determinación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de <i>Klebsiella pneumoniae</i> aisladas de palomas en el distrito de San Sebastián.....	68
Tabla 11	Resultados de pruebas fenotípicas de detección de mecanismos de resistencia en <i>Escherichia coli</i> aisladas de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>). ...	70

Tabla 12	Resultados de pruebas fenotípicas de detección de mecanismos de resistencia en <i>Klebsiella pneumoniae</i> aisladas de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) – San Sebastián, Cusco, 2025.	71
Tabla 13	Resultados de pruebas de factores de virulencia en <i>Escherichia coli</i> aisladas de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) – San Sebastián, Cusco, 2025. 73	
Tabla 14	Resultados de pruebas de factores de virulencia en <i>Klebsiella pneumoniae</i> aisladas de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>).	76
Tabla 15	Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo A (Plazoleta Micaela Bastidas)	99
Tabla 16	Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo B (Prolongación Calle Bolívar)	99
Tabla 17	Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo C (Ex-botadero de San Antonio)	100
Tabla 18	Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo D (Alrededor del Mercado Santa Rosa)	101
Tabla 19	Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo E (Alrededor del Mercado Virgen del Carmen)	102
Tabla 20	Resultados del aislamiento e identificación bioquímica de enterobacterias aisladas a partir de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.	103
Tabla 21	Perfiles fenotipicos de las cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.....	106
Tabla 22	Resultados fenotipicos de los factores de virulencia de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>) en el distrito de San Sebastián.....	112

Tabla 23	Cuantificación de la formación de Biofilm, en cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (<i>Columba livia</i>), San Jeronimo, Cusco, 2025.....	114
-----------------	---	-----

Tabla 24.	Puntos de corte para enterobacterias gram negativas CLSI 2025	117
------------------	---	-----

ÍNDICE DE ACRONIMOS

BLEE: β -lactamasas de espectro extendido

KPC: *Klebsiella pneumoniae* carbapenemasa

MBL: Metalobetalactamasas

MDR: Multidrogorresistentes

XDR: Resistencia Extendida

PDR: Panresistentes

RESUMEN

En los últimos años, la resistencia en enterobacterias de origen ambiental se ha consolidado como un problema emergente de salud pública, especialmente en aves urbanas como *Columba livia*, potenciales reservorios de cepas resistentes a β -lactámicos. El objetivo del presente estudio, fue fenotipicar la resistencia a β -lactámicos y los factores de virulencia en enterobacterias, aisladas de 96 hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) del distrito de San Sebastián, Cusco. Determinando que el 53,04 % (51/96) de las palomas albergaron al menos una enterobacteria resistente a β -lactámicos, identificando 68 cepas, 83.82 % *Escherichia coli* y 16.18 % *Klebsiella pneumoniae*. Las cepas de *Escherichia coli* presentaron resistencia del 100% a ceftiofur, cefotaxima y ceftriaxona, mientras *Klebsiella pneumoniae* presentó resistencia a cefalosporinas, carbapenémicos, sulfonamidas, inhibidores de β -lactámicos, quinolonas y monobactámicos con una sensibilidad del 100 % frente a gentamicina y tetraciclina. Las pruebas fenotípicas confirmaron el fenotipo BLEE en el 54,4 % (31/57) de *Escherichia coli*, mientras en el 100 % (11/11) de *Klebsiella pneumoniae* se confirmaron el fenotipo KPC sin fenotipos BLEE ni metalobetalactamasas (MBL). Respecto a la virulencia, en *Escherichia coli*, destacó la producción de caseinasas en el 64,91 % (37/57) y formación de biofilm en el 45,61 % (26/57), mientras *Klebsiella pneumoniae* presentó una producción menor de caseinasas en el 9,09 % (1/11), pero mayor formación de biofilm en el 63,64 % (7/11). No se detectó producción de lipasas, gelatinasas, actividad hemolítica, ni el fenotipo de hipermucoviscosidad en ninguna especie.

Palabras clave: Enterobacterias, Palomas, Resistencia a β -lactámicos, Factores de virulencia.

INTRODUCCIÓN

La paloma doméstica (*Columba livia*) es una especie plenamente adaptada al entorno urbano. Su alta población en las ciudades genera un problema constante en salud pública y contribuye a la contaminación ambiental; la acumulación de sus excretas no solo deteriora la infraestructura urbana, sino que facilita la transmisión de diversos microorganismos patógenos hacia la población (Arteaga et al., 2023). Estas aves han sido identificadas como reservorios de bacterias resistentes a antibióticos, incluyendo enterobacterias resistentes a β -lactámicos, como *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* productoras de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas (Sánchez, 2019; Rybak et al., 2022; Beleza et al., 2024). Debido a su amplia distribución y al contacto frecuente con actividades humanas, las palomas (*Columba livia*) contribuyen a la diseminación de bacterias con genes de resistencia antimicrobiana (Freire et al., 2022), esta proliferación de patógenos con alta resistencia farmacológica representa un desafío crítico para la salud pública; dificulta el tratamiento de las infecciones y aumenta las tasas de mortalidad en los pacientes afectados (Salam et al., 2023; Dulanto Chiang & Dekker, 2024). En consecuencia, la Organización Mundial de la Salud ha clasificado a las enterobacterias resistentes a carbapenémicos como patógenos de prioridad crítica (OMS, 2024).

Además, especies como *Escherichia coli* y *Klebsiella spp.* expresan múltiples factores de virulencia, tanto estructurales como secretados, que incrementan su patogenicidad (Terlizzi et al., 2017; Wang et al., 2020).

En este contexto, *Columba livia* se configura como una especie clave para la vigilancia en la salud pública, por su posible rol como reservorio y difusor de enterobacterias patógenas y resistentes a β -lactámicos en entornos urbanos. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue fenotipificar la resistencia a β -lactámicos y los factores de virulencia en enterobacterias de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San

Sebastián, Cusco, misma que se presento al Comité de Bioética Institucional y Sub Comités de Bioética de la UNSAAC en octubre del 2025 (Ver anexo 8)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La sobrepoblación de palomas (*Columba livia*), es hoy un fenómeno mundial asociado a su elevada capacidad de adaptación al hábitat urbano y a su movilidad entre distintos sectores de la ciudad, lo que facilita el intercambio de individuos entre plazas, mercados, techos y depósitos de residuos en áreas urbanas. Esta dinámica de “migración corta” dentro de una zona urbana favorece la conformación de grandes bandadas que se comportan como una plaga urbana, con implicaciones para la salud pública y el ambiente (Pardo et al., 2023).

En ciudades latinoamericanas se ha descrito que las poblaciones ferales de palomas (*Columba livia*) contribuyen al deterioro estructural de edificaciones y a la acumulación de materia fecal, y actúan como dispersadores biológicos de enfermedades zoonóticas y de contaminación ambiental persistente (Ramos-Gorbeña et al., 2021). Diversas investigaciones en palomas ferales han identificado diversos agentes zoonóticos en sus heces (bacterias, hongos y parásitos), y señalan que, si bien el riesgo puede ser bajo para adultos sanos, resulta relevante para poblaciones vulnerables que utilizan con frecuencia plazas, parques o patios escolares donde estas aves se concentran (Kowalczyk et al., 2025). En el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, la descarga de aguas residuales y desechos en el río Huatanay ha evidenciado la presencia de enterobacterias de origen humano y animal con potencial resistencia a los antimicrobianos (Del Carpio, 2017). Asimismo, la circulación diaria de las palomas (*Columba livia*) entre zonas residenciales, mercados y áreas donde fluye el río Huatanay en el distrito de San Sebastián, podría favorecer la dispersión de microorganismos patógenos resistentes a antimicrobianos a escala local.

Diversos estudios en aves silvestres y urbanas han demostrado que las palomas pueden albergar enterobacterias productoras de β -lactamsas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas, entre ellas *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* resistentes a β -

lactámicos, lo que las convierte en reservorios y potenciales diseminadores de resistencia antimicrobiana en entornos urbanos (Bastidas-Caldes et al., 2022). A ello se suma que muchas de estas enterobacterias expresan factores de virulencia asociados a estructuras de superficie y proteínas secretadas, como adhesinas, sideróforos, enzimas proteolíticas y formación de biopelículas, que incrementan su capacidad de colonización y patogénesis (Bujňáková et al., 2022).

Frente a este escenario, la identificación fenotípica de resistencia a β -lactámicos y de factores de virulencia en enterobacterias aisladas de palomas urbanas en San Sebastián, Cusco, se vuelve esencial para esclarecer si estas aves participan como reservorios extrahospitalarios de enterobacterias para dimensionar su contribución en la dinámica local de diseminación de la resistencia antimicrobiana.

PROBLEMA GENERAL

¿Es posible realizar la fenotipificación de resistencia a β -lactámicos y factores de virulencia de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) procedentes del distrito de San Sebastián, Cusco?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Qué cepas de enterobacterias son aisladas e identificadas a partir de los hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) del distrito de San Sebastián, Cusco – Perú?
2. ¿Qué perfil de resistencia a β -lactámicos presentan las cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*)?
3. ¿Se puede confirmar fenotípicamente la presencia de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y de carbapenemasas en cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*)?
4. ¿Se puede determinar fenotípicamente la presencia de factores de virulencia, en cepas de enterobacterias, aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*)?

JUSTIFICACIÓN

Es de gran relevancia para la salud pública determinar el rol de las palomas (*Columba livia*) en la transmisión de enterobacterias patógenas resistentes a antibióticos y sus factores de virulencia. Al ser aves ferales que habitan en espacios concurridos, actúan como reservorios y vectores, propagando patógenos zoonóticos a través de sus excretas y contaminando superficies, alimentos y fuentes de agua. Esto representa un riesgo tanto para la población humana como para los animales domésticos y de producción, especialmente en contextos con un deficiente control de fauna sinantrópica y un manejo inadecuado de residuos. A pesar de representar un riesgo latente, no se reportaron estudios locales que describan el perfil de resistencia a β -lactámicos ni los factores de virulencia de enterobacterias aisladas en palomas en el distrito de San Sebastián, Cusco. Lo que justifica la presente investigación, porque aportará evidencia microbiológica actualizada sobre la presencia de enterobacterias resistentes a β -lactámicos y sus factores de virulencia en palomas del distrito de San Sebastián.

Esta información permitirá estimar el potencial de estas aves como reservorios de enterobacterias, constituyendo una línea de base fundamental para fortalecer la vigilancia epidemiológica a nivel local. Asimismo, estos hallazgos respaldarán la implementación de estrategias integrales para el control poblacional de estas aves y el diseño de acciones de prevención y educación sanitaria, proporcionando herramientas basadas en evidencia a las autoridades de salud y del ambiente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Fenotipificar la resistencia a β -lactámicos y factores de virulencia, en enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) del distrito de San Sebastián, Cusco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar cepas de enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).
2. Determinar el perfil de resistencia a β -lactámicos por el método de Kirby-Bauer en cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).
3. Confirmar fenotípicamente la producción de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y de carbapenemasas, en cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).
4. Determinar fenotípicamente factores de virulencia, en cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes internacionales

Nelly et al., (2024). En Camerún, determinaron perfiles de resistencia de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* aislados a partir de muestras cloacales de aves de corral y aves de zoológico, e identificaron fenotípicamente y genotípicamente β -lactamasas de espectro extendido (BLEE). De 320 muestras seleccionadas aleatoriamente, un total de 88 presentaron *Escherichia coli* y 17 *Salmonella spp.* con una prevalencia de 27.5% y 5.3% respectivamente. Los aislados a partir de aves de corral presentaron mayor resistencia a trimetoprima-sulfametoxazol (96.7%), ampicilina y ticarcilina (88.3%), norfloxacin (81.7%), piperacilina (78.3%) y ceftriaxona (63.3%); la resistencia en aves del zoológico fue menor, con mayor resistencia para imipenem (39.28%). La detección de genes β -lactamasas en 16 aislados fenotípicamente de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* productoras de BLEE mostró la presencia de 75.0%, 6.3%, y 12.5% para los genes bla_{CTX-M}, bla_{TEM}, y bla_{SHV} respectivamente.

Beleza et al., (2024). En la ciudad de Mulungu, estado de Ceará (Brasil), determinaron la frecuencia y diversidad de enterobacterias en aves silvestres del bioma Caatinga y su susceptibilidad antimicrobiana. A través de hisopados cloacales colectados de 50 aves de 28 especies diferentes, identificaron 14 especies de enterobacterias, entre ellas *Pantoea agglomerans* y *Escherichia coli*, que fueron las más prevalentes con un 36% y 26%, respectivamente. La mayor resistencia antimicrobiana fue a la ampicilina (41.8%), ácido nalidíxico (36.3%) y amoxicilina asociada con ácido clavulánico (32.7%). Los antibióticos que presentaron mayor

eficacia fueron tobramicina (96.4%), ciprofloxacino (92.6%) y tetraciclina (90.9%). El 23.5% presentó resistencia a múltiples fármacos.

Bagua (2020). En la ciudad de Riobamba, Ecuador, aplicó un muestreo aleatorio de 50 muestras de heces de palomas en parques y plazas. Estas muestras fueron sembradas en Agar MacConkey y SS (*Salmonella Shigella*), donde se aisló *Citrobacter amalonaticus* (60%), *Citrobacter freundii* (14%), *Enterobacter cloacae* (10%), *Escherichia coli* (7%), *Proteus mirabilis* (5%), *Proteus vulgaris* (2%) y *Citrobacter diversus* (2%).

Sánchez (2019). En la ciudad de León, Nicaragua, realizaron la caracterización fenotípica y genotípica de BLEE (β -lactamasas de espectro extendido) y KPC en 80 palomas (*Columba livia*). El 31% presentaba bacterias resistentes a antibióticos (BRA). Los géneros bacterianos detectados fueron principalmente *Escherichia coli* (64%), seguido por *Klebsiella spp.* (14%), *Enterobacter spp.* (9%), *Serratia spp.* (9%) y *Proteus spp.* (4%). Los mecanismos de resistencia observados incluyeron la producción de BLEE en un 59% de los casos, resistencia a carbapenémicos en un 18% e hiperproducción de AmpC en un 23%, siendo *Escherichia coli* el género más frecuentemente asociado con la producción de BLEE

1.1.2 Antecedentes nacionales

Puma & Lima (2022). En la ciudad de Puerto Maldonado, determinaron la prevalencia al evaluar perfiles de susceptibilidad antimicrobiana en enteropatógenos de aves psitácidas y aves domésticas (*Gallus gallus*). A partir de 50 aves, caracterizaron microorganismos del género *Escherichia coli*, *Pasteurella spp.*, *Clostridium spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Bacillus spp.*, y *Proteus spp.*; siendo los más prevalentes *Escherichia coli* (76%), seguido de *Staphylococcus spp.* (14%) y *Streptococcus spp.* (12%). Los antibióticos más efectivos a los

microorganismos más prevalentes fueron gentamicina (92.86%) y enrofloxacino (85.71%), mientras que mostraron más resistencia a amoxicilina (42.8%), seguida de sulfametoxazol + trimetoprim (42.8%).

García (2016). En la ciudad de Huánuco, determinó la prevalencia de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* a partir de muestras fecales de palomas de parques y plazas. Recolectó 75 muestras de excretas, las cuales fueron enriquecidas haciendo uso de caldo peptonado y selenito respectivamente, y sembradas en Agar EMB y SS. Encontró una prevalencia del 36% (27) de *Salmonella spp.* y 97.33% (73) de *Escherichia coli*.

1.2 La paloma (*Columba livia*)

1.2.1 Aspectos generales de la paloma (*Columba livia*)

La paloma, reconocida como *Columba livia* (Gmelin 1789), son consideradas poblaciones silvestres y ferales que hoy ocupan plazas, mercados y techos urbanos; lugares que imitan los farallones rocosos donde anidaba la forma original, características que explican en gran medida su éxito como ave sinantrópica y su expansión en ciudades europeas y latinoamericanas (Skórka et al., 2024).

1.2.2 Ubicación taxonómica

La clasificación taxonómica de la paloma (*Columba livia*) se presenta a continuación.

Dominio: Eukarya

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Aves

Orden: Columbiformes

Familia: Columbidae

Género: *Columba*

Especie: *Columba livia* (Gmelin, 1789)

Fuente: (Baptista et al., 2017).

1.2.3 Morfología de la paloma (*Columba livia*)

A. Características externas:

La *Columba livia* es un ave de tamaño mediano, adaptado al vuelo rápido y al entorno urbano. Presenta un cuerpo con las siguientes medidas: Longitud total, macho 30.8 – 34.4 cm de longitud, hembra 21.9 – 33.4 cm; ala, macho 22.2 – 22.6 cm, hembra 21.9 – 22.1 cm; pico de 1.7 – 1.9 cm; tarso 2.9 – 3.2 cm, con un peso que oscila entre 230 – 310 g y un pico negruzco con cera blanca en la base, patas rojizas o rosadas, y ojos de color ámbar (Ramos-Gorbeña et al., 2021), estas variaciones podrían reflejar procesos de adaptación, en los que el tamaño corporal desempeñaría un papel importante en la termorregulación y la selección de pareja (Yang et al., 2020), así como adaptación evolutiva (Padzil et al., 2021).

Aunque el patrón típico es de plumaje gris claro, con franjas negras en las alas y en la punta de la cola, rabadilla blanca e iridiscencias verdes y moradas en el cuello. Sin embargo, existe una gran variación de color, con individuos que pueden ser desde blancos con manchas irregulares hasta completamente negros. Además, posee el obispillo blanco y una estructura carnosa en la base del pico llamada cera (Ramos-Gorbeña et al., 2021).

El dimorfismo sexual en la especie es leve: los machos suelen ser algo más grandes, con mayor masa corporal, ceroma más voluminosa e iridiscencias cervicales más brillantes, mientras que las hembras presentan plumaje menos intenso y una postura más discreta. Estas diferencias, sin embargo, no siempre permiten distinguir con certeza el sexo de un individuo sin observación detallada o experiencia especializada (Blasco & Michael, 2015). Dichas características se observan en las Figuras 1 y 2.

Figura 1

Características morfológicas externas para la determinación de la edad en palomas (*Columba livia*).

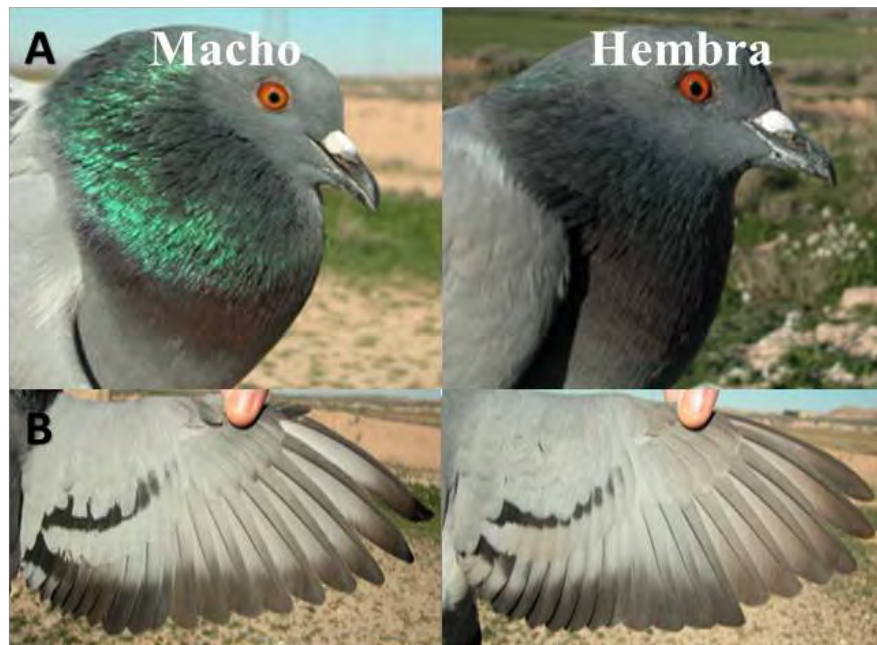


Fuente: (Blasco & Michael, 2015)

Nota: En la figura 1, se muestran algunas de las características fenotípicas morfológicas entre adultos en palomas (*Columba livia*). **A1**: Iridiscencia en el cuello, cera del pico blanco y color de iris, **B1**: Color de las patas

Figura 2

Diferencias morfológicas para la determinación de sexo en palomas (*Columba livia*).



Fuente: (Blasco & Michael, 2015)

Nota: En la figura 2, se muestran algunas de las expresiones fenotípicas entre machos y hembras en palomas (*Columba livia*). **A**: Corpulencia del cuello entre macho y hembra, **B**: Diferencia de alas entre macho y hembra.

B. Características Internas - Sistema Digestivo

El sistema digestivo de la paloma (*Columba livia*) presenta una organización altamente especializada, en la que el alimento pasa desde el esófago hacia el proventrículo, donde inicia la digestión química mediante secreción de enzimas y ácido, y posteriormente a la molleja, encargada de la trituración mecánica gracias a su potente musculatura. Estas estructuras forman un sistema funcional integrado que permite una digestión eficiente adaptada a dietas granívoras, optimizando la degradación y absorción de nutrientes. A continuación, el contenido sigue hacia el intestino delgado duodeno, yeyuno e íleon donde la acción conjunta de enzimas pancreáticas y bilis permite completar la digestión y absorber nutrientes. El intestino grueso y los ciegos, que son cortos, reflejan la escasa necesidad de fermentar fibras. Finalmente, los residuos se expulsan a través de la cloaca, compartida con los sistemas urinario y reproductor (Bansal et al., 2023).

1.2.4 Distribución urbana de la paloma (*Columba livia*)

El éxito biológico de la paloma (*Columba livia*) en los ecosistemas urbanos radica en su capacidad para transformar la arquitectura urbana en refugios funcionales. Al emplear edificios y monumentos como análogos de los acantilados de su hábitat original, accediendo a sitios de nidificación seguros que potencian su éxito reproductivo y crecimiento demográfico (Arizaga et al., 2023). Esta ocupación estratégica del espacio coincide con núcleos de intensa actividad antropogénica, donde la sinergia entre el refugio y una presión de depredación mínima consolida a los parques y distritos comerciales como los nodos de su distribución (Baldaccini, 2020).

Así mismo, la disponibilidad de recursos tróficos actúa como un importante determinante en la persistencia y densidad de sus poblaciones. La especie ha

transitado de una dieta granívora ancestral hacia una marcada dependencia de recursos antropogénicos, exhibiendo una notable adaptación, que les permite explotar eficazmente tanto el suministro intencional de alimento como los residuos y desechos urbanos, asegurando su estabilidad en entornos densamente poblados (Soh et al., 2021).

Así mismo, se ha demostrado que la modificación del hábitat favorece la persistencia de morfos de plumaje y de linajes poco diferenciados, lo que respalda el tratamiento de *C. livia* como un reservorio biológico único en espacios urbanos (Skórka et al., 2024). Esta consideración es relevante para investigaciones microbiológicas, porque reduce la variabilidad asociada a la identificación y permite relacionar con mayor precisión los hallazgos bacteriológicos con la ecología de una sola especie de ave urbana.

1.2.5 Patrones migratorios urbanos

En entornos urbanos, *Columba livia* exhibe un patrón de desplazamiento diario de corta distancia entre sus zonas de descanso, alimentación y fuentes de agua, careciendo de hábitos migratorios. Por lo general, las bandadas se congregan en sitios de alta actividad antrópica, como plazas y mercados, para forrajear. Posteriormente, se retiran hacia estructuras elevadas como cornisas, techos y edificios que utilizan para el reposo y la nidificación. La evidencia reciente sobre su dinámica espacial confirma una marcada fidelidad al sitio y una movilidad sumamente restringida; por ejemplo, la dispersión y recolonización de nuevos espacios se produce de manera predominante en un radio inferior a los 500 metros desde sus colonias de origen (Farfán et al., 2022). Este sedentarismo y comportamiento rutinario consolidan la permanencia de grupos estables en sectores específicos de la ciudad. En consecuencia, se propicia una dispersión altamente localizada de los

microorganismos presentes en sus heces y plumaje, lo que contamina microambientes clave como superficies públicas, infraestructuras y sistemas de drenaje. Todo ello incrementa significativamente la relevancia de esta especie en la dinámica microbiológica y sanitaria del entorno urbano (Karunesh, 2024).

1.2.6 La paloma (*Columba livia*) como vector de enterobacterias resistentes a β -lactámicos

Las palomas (*Columba livia*) actúan como reservorios y vectores de enterobacterias resistentes a β -lactámicos en entornos urbanos, debido a su estrecho contacto con fuentes de contaminación como residuos sólidos y aguas servidas. A través de sus deyecciones y el contacto con superficies, contribuyen a la diseminación ambiental de bacterias como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., las cuales presentan una alta adaptabilidad ecológica y funcionan como indicadores de contaminación biológica. Desde el punto de vista clínico, estos microorganismos incluyen patógenos oportunistas responsables de infecciones graves como sepsis, neumonías e infecciones del tracto urinario. Este riesgo se ve incrementado por la presencia de mecanismos de resistencia enzimática, como β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), AmpC y carbapenemasas, que limitan drásticamente las opciones terapéuticas disponibles (Beleza et al., 2024; Wang et al., 2021; Wen et al., 2023).

1.2.7 Importancia zoonótica de las enterobacterias en aves silvestres y urbanas

Las enterobacterias presentes en aves silvestres y urbanas representan un riesgo zoonótico de gran magnitud, al actuar como reservorios de bacterias resistentes a antibióticos, incluyendo cepas productoras de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE). La acelerada urbanización ha estrechado la interfaz de contacto humano-animal, propiciando la diseminación de patógenos bacterianos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. Diversas investigaciones recientes

evidencian que la dependencia de estas aves hacia fuentes de alimentación antropogénica favorece fuertemente su colonización por cepas resistentes, lo que aumenta la probabilidad de transmisión interespecie hacia la población humana y los animales de compañía. En este contexto, variables ecológicas como los hábitos dietéticos, el comportamiento gregario y la alta densidad aviar en núcleos urbanizados actúan como catalizadores en la propagación de estos microorganismos (Hickman et al., 2022; Mourkas et al., 2024).

1.2.8 Factores responsables de la resistencia antimicrobiana en aves

La adquisición de perfiles de resistencia en aves tiene un origen multifactorial. En primer lugar, la capacidad de migrar largas distancias convierte a diversas especies en vectores de dispersión entre nichos rurales y urbanos; de hecho, se ha reportado que las aves migratorias pueden albergar hasta tres veces más marcadores de resistencia que las especies sedentarias (Martín-Maldonado et al., 2022). Adicionalmente, la exposición a ecosistemas contaminados con heces humanas, efluentes ganaderos o suelos agrícolas tratados con antibióticos crea nichos ecológicos idóneos para la proliferación de bacterias resistentes. En este escenario, la alta presión de selección antimicrobiana propia de los entornos urbanos incentiva la transferencia horizontal de plásmidos portadores de genes de alto riesgo, tales como *bla*_{CTX-M}, *bla*_{NDM} y genes *mcr* (Beleza et al., 2024).

1.2.9 Riesgo zoonótico y vías de transmisión

El contacto directo o indirecto con aves urbanas y sus excretas constituye la principal ruta de transmisión zoonótica. Las palomas defecan frecuentemente sobre plazas, mobiliario público, áreas de esparcimiento e incluso alimentos expuestos. Un factor de riesgo adicional se presenta durante las labores de limpieza urbana o por acción del viento, cuando las partículas fecales desecadas se aerosolizan, exponiendo a la

población a la inhalación de enterobacterias potencialmente patógenas (Mia et al., 2022). Además, se ha documentado el intercambio bidireccional de clones resistentes entre aves y humanos; por ejemplo, Borges et al. (2017) aislaron en palomas cepas de *Escherichia coli* diarreagénicas con genes *mcr* y BLEE cuyas secuencias genéticas eran idénticas a aislamientos clínicos de un hospital en Brasil. En la misma línea, Freire et al. (2022) aislaron en palomas urbanas cepas de *Escherichia coli* productoras de BLEE cuyos linajes genéticos (como el clon pandémico ST131) resultaron ser idénticos a los principales aislamientos clínicos causantes de infecciones intrahospitalarias. Esto evidencia que las aves sinantrópicas pueden adquirir bacterias altamente resistentes circulantes en ambientes antropogénicos y reintroducirlas en la comunidad, cerrando un ciclo de transmisión ambiental-antropo-ambiental.

1.3 Enterobacterias

1.3.1 Características generales de las enterobacterias

Las enterobacterias, comúnmente denominadas bacterias entéricas, constituyen una amplia familia de bacilos Gram negativos, se caracterizan por su notable adaptabilidad ecológica: forman parte del microbiota habitual del tracto gastrointestinal de vertebrados, incluido el ser humano, donde representan una fracción importante del microbiota aeróbico; además, se aíslan con frecuencia en ambientes acuáticos, suelo, plantas y diversas superficies inertes (Wang et al., 2021). Este grupo incluye tanto especies comensales como patógenos oportunistas de importancia clínica y veterinaria, implicados en infecciones humanas, animales y en procesos vinculados a la producción y calidad de alimentos. Su presencia en agua y alimentos suele emplearse como indicador de contaminación fecal y, por tanto, como herramienta de vigilancia de la salud ambiental (Wang et al., 2021).

Desde el punto de vista clínico, diversas enterobacterias se comportan como patógenos oportunistas, entre ellos *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter spp.*, *Citrobacter* y *Salmonella*. *Escherichia coli* puede causar infecciones intestinales (diarreas) y extraintestinales (infecciones del tracto urinario, sepsis, neumonías); *Klebsiella pneumoniae* es una causa frecuente de neumonías nosocomiales, mientras que otras especies participan en infecciones urinarias, procesos infecciosos asociados a trauma y cuadros de septicemia (Wen et al., 2023).

1.3.2 Fisiología de las enterobacterias

Las enterobacterias son microorganismos con una gran versatilidad metabólica, capaces de obtener energía mediante respiración o fermentación según la disponibilidad de oxígeno. En condiciones anaeróbicas, estos bacilos fermentan la glucosa, produciendo generalmente ácidos y gases. Bioquímicamente, se definen por ser oxidasas negativas y catalasas positivas, además de poseer la capacidad característica de reducir nitratos a nitritos. Estas propiedades no solo determinan su supervivencia en diversos nichos biológicos, sino que son fundamentales para su identificación diagnóstica en el laboratorio (Murray et al., 2021).

1.3.3 Características generales de *Klebsiella pneumoniae*

Dentro de las enterobacterias, el género *Klebsiella* incluye bacilos Gram negativos no móviles, encapsulados, que se comportan como patógenos oportunistas, *Klebsiella pneumoniae* es una de las especies más relevantes, asociada a infecciones nosocomiales como neumonía, infecciones del tracto urinario, bacteriemias y cuadros en pacientes inmunocomprometidos (Wen et al., 2023).

1.3.3.1 Fisiología y metabolismo de *Klebsiella pneumoniae*

Fisiológicamente, *Klebsiella pneumoniae* es un bacilo equipado con estructuras físicas altamente especializadas para la invasión y la defensa. Su principal

característica es una gruesa cápsula de polisacáridos (azúcares) que envuelve a la bacteria, actuando como un escudo resbaladizo que impide ser capturada y destruida por las células de defensa del cuerpo humano. Para la adhesión a los tejidos, utiliza unas estructuras similares a pequeños vellos llamadas fimbrias. Esta fuerte adherencia les permite a las bacterias agruparse y formar una biofilm, una barrera viscosa y protectora (Abbas et al., 2024).

Crece de manera óptima entre 35 y 37 °C, formando colonias grandes, grises y no hemolíticas en agar sangre. Si se siembra en agar MacConkey, las colonias se ven rosadas o rojas ya que la bacteria fermenta la lactosa. A simple vista, su rasgo más característico es su aspecto brillante, viscoso y muy mucoide, lo cual es producto de su gruesa cápsula protectora (Khan et al., 2024).

El metabolismo de *Klebsiella pneumoniae* se caracteriza por presentar una capacidad de adaptación que le confiere ventajas adaptativas críticas en microambientes hostiles. Como bacilo anaerobio facultativo, posee la capacidad de generar energía tanto en condiciones óxicas como anóxicas, optimizando la asimilación de diversos carbohidratos para sustentar su rápida proliferación y la biosíntesis de su cápsula de polisacáridos. Ante la restricción nutricional impuesta por el sistema inmunológico del huésped, este patógeno despliega mecanismos metabólicos compensatorios altamente especializados, destacando la síntesis y secreción de sideróforos. Estas moléculas de alta afinidad actúan secuestrando el hierro del hospedero, un cofactor enzimático indispensable para mantener la homeostasis celular bacteriana y garantizar la progresión de la infección (He et al., 2025).

1.3.3.2 Ubicación Taxonómica

La clasificación taxonómica de *Klebsiella pneumoniae* se muestra a continuación.

Dominio: Bacteria

Filo: Pseudomonadota

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Enterobacterales

Familia: Enterobacteriaceae

Género: Klebsiella

Especie tipo: *Klebsiella pneumoniae* (Schroeter, 1886)

Fuente: adaptado por Brisse et al., (2024).

1.3.4 Características generales de *Escherichia coli*

Escherichia coli es un bacilo Gram negativo, aerobio y anaerobio facultativo, móvil con flagelos peritricos y no formadora de esporas, que forma parte de la microbiota intestinal normal de humanos y animales (Chen et al., 2020), pero también incluye múltiples patotipos, que pueden causar infecciones intestinales (diarreas) y extraintestinales, como infecciones del tracto urinario (ITU), sepsis, meningitis neonatal y neumonías (Nasrollahian et al., 2024). Parte de su relevancia radica en su capacidad para adquirir y diseminar genes de resistencia y virulencia, lo que ha convertido a ciertas cepas en importantes agentes de infecciones comunitarias y nosocomiales (Nasrollahian et al., 2024).

1.3.4.1 Fisiología y metabolismo de *Escherichia coli*.

Fisiológicamente, *Escherichia coli* es un bacilo equipado con estructuras físicas altamente especializadas para la movilidad y la colonización. Su principal característica motriz es la presencia de flagelos peritricos, que actúan como pequeños motores alrededor de su cuerpo permitiéndole movilizarse ágilmente

hacia ambientes ricos en nutrientes o alejarse de zonas tóxicas. Para anclarse firmemente a los tejidos del huésped, como las paredes del tracto urinario o el intestino, utiliza apéndices filamentosos llamados fimbrias o pili (Cheong et al., 2024).

Escherichia coli presenta un rango de crecimiento que oscila entre temperaturas mínimas de 7–10 °C y máximas cercanas a 45 °C, con un crecimiento óptimo entre 35 y 37 °C. En agar sangre, forma colonias grandes y opacas; además, algunas cepas patógenas pueden producir β -hemólisis, evidenciada por la formación de halos claros alrededor de las colonias debido a la lisis de los eritrocitos. Si se siembra en agar MacConkey, las colonias se ven de color rosado intenso o rojo oscuro, ya que la bacteria es una rápida fermentadora de la lactosa. A simple vista, si se cultiva en el medio diferencial EMB (Eosina Azul de Metileno), su rasgo más inconfundible y característico es el desarrollo de colonias oscuras con un brillante reflejo verde metálico, producto de su intensa acidificación del medio (Chen et al., 2024).

El metabolismo de *Escherichia coli* se caracteriza por su versatilidad y eficiencia que le confiere ventajas adaptativas tanto en el medio ambiente externo como dentro del hospedero. Al igual que *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* es un bacilo anaerobio facultativo, con la capacidad de generar energía respirando oxígeno cuando está disponible, o mediante la fermentación ácido-mixta en ambientes anóxicos, como el tracto gastrointestinal. Además presentan la capacidad de sintetizar y secretar potentes sideróforos (como la enterobactina). Estas moléculas de alta afinidad actúan secuestrando el hierro del hospedero, un nutriente vital para sostener su rápida multiplicación celular y asegurar la progresión del cuadro infeccioso (Falcicchio et al., 2021; El-Mansi et al., 2021).

1.3.4.2 Ubicación taxonómica

La clasificación taxonómica de *Escherichia coli* se muestra a continuación.

Dominio: Bacteria

Filo: Pseudomonadota

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Enterobacterales

Familia: Enterobacteriaceae

Género: Escherichia

Especie: *Escherichia coli* (Castellani & Chalmers, 1919)

Fuente: (Madigan et al., 2021).

1.4 Resistencia antimicrobiana

La resistencia a los agentes antimicrobianos constituye uno de los mayores desafíos clínicos y epidemiológicos asociados a las enterobacterias. La alta capacidad genómica de estos microorganismos, facilitada tanto por mutaciones cromosómicas espontáneas como por la adquisición de elementos genéticos a través de plásmidos, transposones (elementos genéticos móviles) e integrones (Davin-Regli et al., 2019), ha impulsado la emergencia de cepas multidrogorresistentes, catalogadas actualmente como una amenaza prioritaria para la salud pública global. En este escenario, la rápida expansión de enzimas hidrolíticas, como las β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), las cefalosporinasas tipo AmpC y las carbapenemasas ha restringido drásticamente el arsenal terapéutico disponible. Adicionalmente, la fuerte presión selectiva ejercida por el uso intensivo y prolongado de antibióticos ha favorecido la persistencia y la diseminación cruzada de estos determinantes de resistencia entre nichos clínicos, veterinarios y ambientales (Nordmann & Poirel, 2014).

1.4.1 Bacterias multidrogorresistentes (MDR)

Las bacterias multidrogorresistentes (MDR) se definen como aquellos aislamientos que exhiben resistencia, *in vitro*, frente al menos un agente antimicrobiano en tres o más categorías farmacológicas distintas. Esta categorización estandarizada es esencial para estratificar la gravedad de la resistencia, e incluye niveles jerárquicos superiores: las cepas extensamente resistentes (XDR), que mantienen sensibilidad únicamente a una o dos familias de antibióticos, y las cepas panresistentes (PDR), que muestran resistencia a todos los agentes antimicrobianos probados. La correcta clasificación de estos perfiles fenotípicos es un pilar fundamental para la vigilancia epidemiológica, la orientación empírica de la terapia y la implementación de protocolos de contención en bioseguridad (Magiorakos et al., 2012).

1.4.2 β -lactamasas

Las β -lactamasas representan el mecanismo de resistencia enzimática más extendido y clínicamente relevante entre las bacterias gramnegativas. Estas enzimas hidrolizan el anillo β -lactámico, la estructura nuclear activa de esta familia de antibióticos, inactivando la molécula e impidiendo su unión a las dianas celulares. Provocando la neutralización de la acción letal de penicilinas, cefalosporinas, monobactámicos y carbapenémicos (Bush & Bradford, 2020). Dependiendo de su espectro de hidrólisis y su perfil de inhibición, se subdividen en grupos de alto impacto:

- **β -lactamasas de espectro extendido (BLEE):** Son capaces de degradar eficientemente las cefalosporinas de tercera y cuarta generación (como cefotaxima, ceftazidima y ceftriaxona) y los monobactámicos. Agrupan múltiples familias genéticas, entre las que destacan las variantes CTX-M, TEM y SHV, consolidándose el linaje CTX-M como el predominante y de mayor propagación a nivel mundial (Legese et al., 2022).

- **Cefalosporinas tipo AmpC:** Confieren un perfil de resistencia frente a penicilinas, cefalosporinas de primera a tercera generación y monobactámicos, caracterizándose por no ser inhibidas por bloqueadores clásicos como el ácido clavulánico. Su sobreexpresión cromosómica es típica en géneros como *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*, y frecuentemente coexisten en el mismo microorganismo con enzimas BLEE o carbapenemasas, complicando significativamente el fenotipo de resistencia (Garba et al., 2025).
- **Carbapenemasas:** Constituyen el grupo enzimático de mayor peligro clínico, dado que inactivan a los carbapenémicos, fármacos bactericidas considerados de última línea terapéutica. Integran diversas familias moleculares, como las serino-carbapenemasas (KPC, OXA) y las metalobetalactamasas (NDM, VIM, IMP). Debido a que sus genes codificantes se alojan predominantemente en elementos genéticos altamente móviles, poseen una tasa de transferencia horizontal sumamente agresiva, facilitando brotes epidémicos intrahospitalarios y reduciendo al extremo las alternativas farmacológicas viables (Loucif et al., 2022; Suay-García et al., 2019).

1.5 Factores de virulencia en enterobacterias

Las bacterias han desarrollado diversos factores de virulencia que les permiten adaptarse al huésped y aumentar su capacidad de producir enfermedad. Entre estos se incluyen estructuras como fimbrias y cápsula, componentes de la membrana externa como los lipopolisacáridos, sistemas de captación de hierro (sideróforos), así como toxinas y mecanismos especializados de secreción. En conjunto, estos elementos les facilitan adherirse a los tejidos, evadir la respuesta inmunitaria, obtener nutrientes esenciales, multiplicarse y diseminarse dentro del organismo, contribuyendo al desarrollo y gravedad del proceso infeccioso (Bujňáková et al., 2022).

1.5.1 Hemólisis

La actividad hemolítica constituye un factor de virulencia para diversas enterobacterias patógenas. Mediante la secreción de exotoxinas denominadas hemolisinas, los microorganismos inducen la lisis de los eritrocitos del hospedador. Este mecanismo no solo provoca daño tisular directo, sino que resulta fisiológicamente fundamental para la adquisición de hierro, un micronutriente intracelular esencial para la supervivencia, metabolismo y proliferación bacteriana durante el proceso infeccioso (Pakbin et al., 2021).

Fenotípicamente, la capacidad lítica y la expresión de estas toxinas se evalúa *in vitro* mediante el cultivo en agar sangre, donde se distinguen tres patrones clásicos de interacción (Tille, 2022):

Alfa-hemólisis (α): Se manifiesta como una lisis parcial o incompleta de los eritrocitos. Bioquímicamente, las enzimas bacterianas inducen la oxidación de la hemoglobina a metahemoglobina, lo que genera la formación de un característico halo de coloración verdosa alrededor de las colonias.

Beta-hemólisis (β): Implica la destrucción total de los glóbulos rojos y la degradación completa de la hemoglobina. Macroscópicamente, este alto poder lítico se evidencia por la formación de un halo translúcido y marcadamente claro que rodea el crecimiento bacteriano.

Gamma-hemólisis (γ): Describe el fenotipo no hemolítico. Indica que el microorganismo carece de enzimas líticas extracelulares activas contra los eritrocitos, por lo que el medio de agar sangre permanece inalterado, sin zonas de clarificación ni cambios de color visibles.

1.5.2 Produccion de proteasas (caseína y gelatina).

Las proteasas, como las caseinasas y gelatinasas, constituyen factores de virulencia estratégicos para diversas enterobacterias patógenas.

Durante el proceso infeccioso, la secreción de estas enzimas permite la hidrólisis de proteínas estructurales tisulares y la inactivación de componentes de defensa del sistema inmunológico del hospedador. Esta actividad proteolítica facilita la invasión de tejidos, fomenta la colonización de las mucosas y asegura el suministro de péptidos y aminoácidos libres, los cuales son esenciales para sostener el metabolismo y la persistencia bacteriana en ambientes hostiles (Baral et al., 2024).

El fundamento bioquímico para evidenciar esta capacidad metabólica se basa en la degradación de sustratos proteicos macromoleculares. En el caso de la caseína (la principal proteína láctea), su hidrólisis enzimática provoca la ruptura de sus enlaces peptídicos, lo que físicamente transforma una matriz proteica opaca en compuestos solubles y translúcidos. De forma similar, la gelatinasa hidroliza la gelatina, una proteína derivada de la degradación del colágeno, descomponiéndola en sus subunidades de aminoácidos constituyentes. Desde una perspectiva patogénica, la capacidad de un microorganismo para secretar estas exoenzimas se correlaciona directamente con su potencial para degradar barreras anatómicas y exacerbar el daño tisular durante la infección (Soujanya & Banashankari, 2023; Tille, 2022).

1.5.3 Produccion de lipasas

La producción de lipasas bacterianas es un proceso metabólico mediante el cual los microorganismos sintetizan y secretan exoenzimas capaces de hidrolizar lípidos, degradándolos en ácidos grasos libres y glicerol. En el contexto de la patogenicidad bacteriana, la secreción de estas enzimas constituye un factor de virulencia altamente significativo. Al degradar los componentes lipídicos estructurales de las membranas

celulares y las barreras mucosas del hospedador, las lipasas facilitan la invasión tisular, la diseminación de la infección y la evasión de los mecanismos de defensa inmunológica. Paralelamente, la liberación de estos ácidos grasos provee al microorganismo de una fuente de carbono y energía, favoreciendo su persistencia y supervivencia (Mirbag et al., 2024).

El fundamento bioquímico para la detección fenotípica de esta actividad lipolítica se basa en el cultivo de la cepa en medios sólidos suplementados con sustratos lipídicos sintéticos, como los ésteres de polioxietilensorbitán (p. ej., Tween 80). Cuando una cepa bacteriana es productora de lipasa, la exoenzima hidroliza el enlace éster de estos compuestos, liberando ácidos grasos que reaccionan con cationes específicos en el medio de cultivo. Esta interacción genera la formación de sales insolubles (jabones cálcicos o lipídicos) que precipitan en la matriz del agar, evidenciándose macroscópicamente como un halo turbio u opaco alrededor del crecimiento bacteriano, confirmando así la capacidad lítica de la bacteria (Hullur et al., 2022; Tille, 2022).

1.5.4 Producción de biofilms (biopelículas).

El biofilm (biopelícula) se define como comunidades microbianas altamente estructuradas que se adhieren de forma irreversible a superficies bióticas o abióticas. Estas poblaciones celulares se caracterizan por encontrarse inmersas en una matriz protectora autogenerada de sustancias poliméricas extracelulares (EPS), la cual está compuesta fundamentalmente por exopolisacáridos, proteínas y ADN extracelular. Este complejo ecosistema, de naturaleza mono o polimicrobiana, desarrolla una arquitectura tridimensional especializada que incluye canales acuosos para la circulación y el intercambio eficiente de nutrientes, agua y gases (Zhao et al., 2023). Desde el punto de vista de la patogenicidad y la ecología bacteriana, la formación de biofilm representa una estrategia de supervivencia crucial. Durante este proceso, los microorganismos experimentan una profunda transición fisiológica desde un estado de vida libre (planctónico) hacia un fenotipo adherido (sésil), lo que desencadena cambios significativos en la expresión génica y una reducción en la tasa metabólica. Su importancia clínica y epidemiológica radica en su excepcional capacidad para colonizar tejidos del hospedador, dispositivos médicos y nichos ambientales. Esta estructura confiere a la comunidad bacteriana una resistencia intrínseca frente a factores externos, la respuesta fagocítica del sistema inmunológico y la penetración de agentes antimicrobianos (Vestby et al., 2020; Zhao et al., 2023).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

- **Área de procedencia de la muestra.**
 - Las muestras fueron recolectadas a partir de hisopados cloacales de paloma (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián-Cusco-2025.
- **Área de procesamiento**
 - Las muestras de hisopado cloacal de paloma (*Columba livia*) fueron procesadas en el Pabellon 06 salon 212 de la Escuela Profesional de Biología en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en la ciudad de Cusco.

2.2 Materiales

2.2.1 Material biológico.

- Muestras de hisopados cloacales de 96 ejemplares de palomas (*Columba livia*).

2.2.2 Cepas control

- Cepa ATCC 25922 de *Escherichia coli* (Control negativo).
- Cepa BAA 2814 de *Klebsiella pneumoniae* (Control positivo para fenotipo de KPC).
- Cepa BAA 2146 de *Klebsiella pneumoniae* (Control positivo para fenotipo de MBL).
- Cepa ATCC 25923 de *Staphylococcus aureus* (Control positivo para fenotipo de α -hemólisis y lisis de gelatina).
- Cepa ATCC 27853 de *Pseudomonas aeruginosa* (Control positivo para fenotipo de lisis de caseína).
- Cepa ATCC 13525 de *Pseudomonas fluorescens* (Control positivo para producción de lipasas y biofilm).

2.2.3 Material de laboratorio o gabinete.

Equipos:

- Autoclave modelo (Austester modelo 437.P).
- Balanza Analítica (Ohaus modelo E11140).
- Cabina de Bioseguridad (Telstar BIO-II-A modelo 21740).
- Congeladora a -20°C (Double Action Clodex modelo Ch10).
- Congeladora a -80°C (Fiocchetti modelo ULV0481).
- Espectrofotómetro (Thermo Scientific modelo 6132YP102346)
- Equipo Lector de Placas de ELISA.
- Horno Pasteur (Binder modelo ED 115 E2).
- Incubadora (Binder modelo ED 11 E2).

Reactivos:

- NaCl 0.85%.
- Reactivo Kovacs.
- Cristal violeta al 1%.
- Solución tampón fosfato (PBS).
- Etanol al 96%.
- Metanol.
- Ceftriaxona 1g (Sigma-Aldrich)
- Meropenem 1g (Ronem)

Medios de Cultivo

- Caldo Selenito (BD)
- Caldo Brain Heart Infusion - BHI (Merck).
- Agar MacConkey (Merck).
- Agar Mueller Hinton (Merck).

- Agar triple sugar iron - TSI (Merck).
- Lysine iron agar - LIA (Merck).
- Agar movilidad indol ornitina - MIO (Merck).
- Agar citrato de Simmons (Himedia).
- Agar urea (Oxoid).
- Agar base sangre (Merck).
- Agar Tween 80 (Merck).
- Agar bacteriológico (Merck).
- Caldo malonato (Oxoid).
- Caldo Rojo Metil-Voges Proskauer – RM-VP (Britania).

Discos de Sensibilidad para detección de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE)

- Cefepime 30 μ g (CPM) (Bioanalyse).
- Cefotaxima 30 μ g (CTX) (Bioanalyse).
- Ceftriaxona 30 μ g (CRO) (Bioanalyse).
- Ceftazidima 10 μ g (CAZ) (Bioanalyse).
- Aztreonam 30 μ g (ATM) (Bioanalyse).

Discos de Sensibilidad para Detección de Carbapenemasas

- Ertapenem 10 μ g (ETP) (Bioanalyse).
- Imipenem 10 μ g (IPM) (Bioanalyse).
- Meropenem 10 μ g (MEM) (Bioanalyse).

Inhibidores de β -lactamasas

- Amoxicilina/Ácido Clavulánico 20/10 μ g (AMC) (Bioanalyse).
- Ácido Borónico 300 μ g (APB) (Bioanalyse).
- Ácido Etilendiaminotetracético 750 μ g (EDTA) (Bioanalyse).

Material de Vidrio:

- Tubos con tapa rosca de 5 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Frasco de 500 ml.
- Frasco de 1000 ml.
- Placas Petri 100mm.

Otros Materiales:

- Hisopos de Nylon estéril de 150 mm x 15mm.
- Equipo de Protección Personal (EPP).
- Jaula trampa Tomahawk.
- Pinzas estériles.
- Asa de siembra de 1 μ l y 10 μ L.
- Aguja de siembra.
- Mechero Bunsen.
- Vernier Caliper.
- Tips de 100 μ l y 1000 μ L.
- Placas de ELISA para cultivo celular de 96 pocillos (NEST).

2.3 Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación descriptiva-transversal de enfoque mixto.

2.3.1 Línea de investigación

Líneas de Investigación de Microbiología e Inmunología según resolución N° 691-2024-UNSAAC.

2.3.2 Lugar de ejecución.

La investigación se realizó en el laboratorio institucional de microbiología e inmunología (LIMI) en el pabellón 06.

2.3.3 Descripción del área de estudio

El muestreo se realizó en el periodo de marzo-abril, con un tiempo de ejecución que duro hasta el periodo de noviembre del 2025, en el distrito de San Sebastián en la provincia de Cusco, que se encuentra ubicada exactamente en latitud $13^{\circ} 32' 5''S$ y en longitud $71^{\circ} 54' 26''O$, con una altitud aproximada de 3250 de altitud (ver figura 3).

El presente estudio fue autorizado y aprobado por la municipalidad Distrital de San Sebastián (Anexo 6), SERFOR (Anexo 7) y el Comité de Bioética Institucional de la UNSAAC (Anexo 8).

2.3.4 Muestreo probabilístico

Al no contar con una base de datos o registros con la población exacta de palomas (*Columba livia*) en el lugar de muestreo, la determinación del tamaño muestral se determinó por la utilización de la fórmula para poblaciones infinitas o desconocidas.

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

Z = Nivel de confianza (95% = 1.96)

p y q = Probabilidad a favor y probabilidad en contra (p =5% y q =5%)

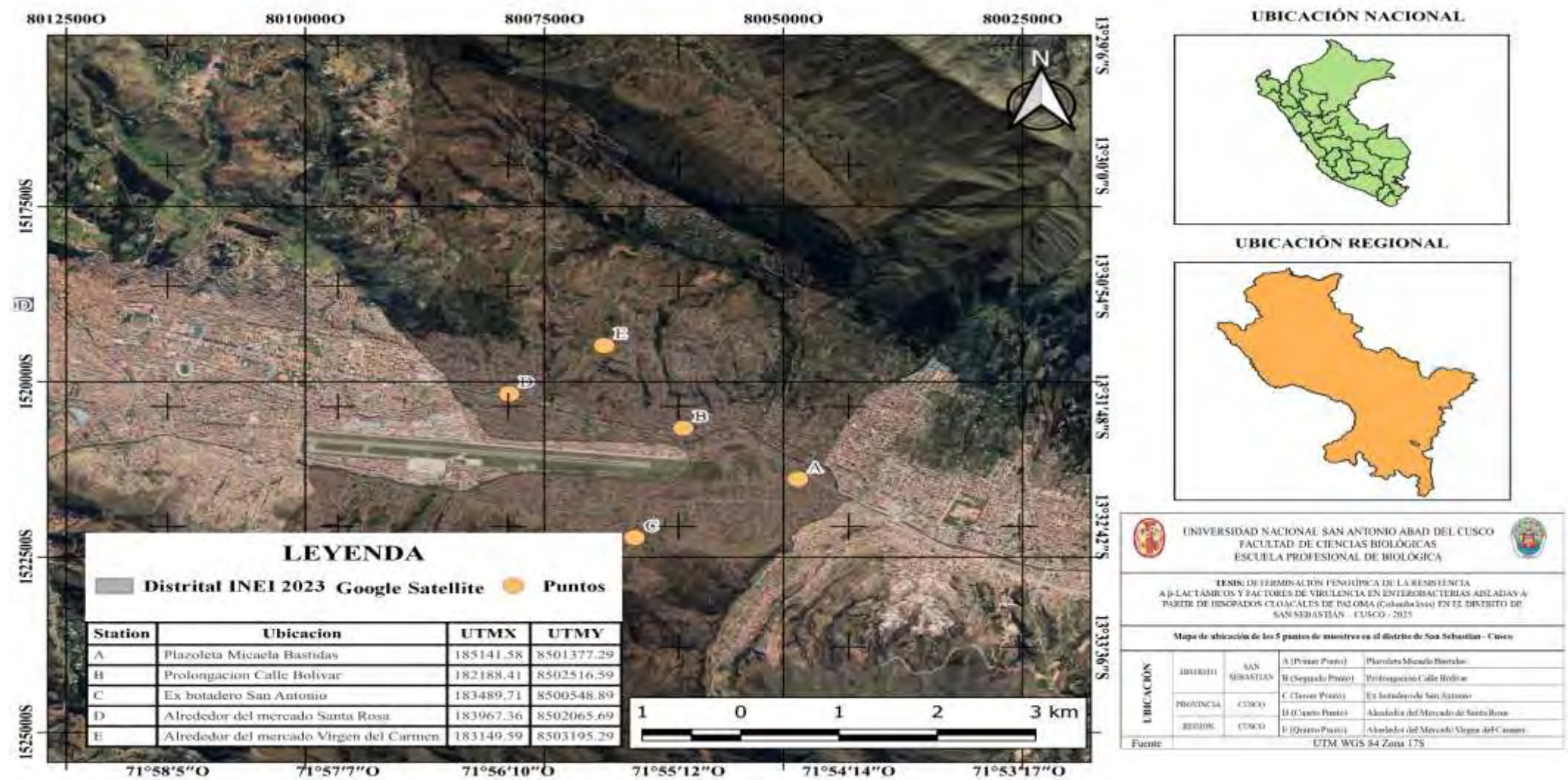
e = límite de error muestral (10%)

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.1^2} = 96 \text{ ejemplares de palomas}$$

2.3.5 Criterios para la selección de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se seleccionaron, mediante observación de la sobrepoblación de palomas y mayor concurrencia de personas en puntos de recojo de residuos sólidos, esquinas de calles en zonas urbanas del distrito de San Sebastián, mercados y el ex-botadero de San Antonio, las cuales fueron capturadas en 5 lugares distintos del distrito de San Sebastián, ver Tabla 21 y Figura 3.

Figura 3
 Mapa de los puntos de muestreo de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián



2.4 Métodos y fundamentos

2.4.1 Características de los puntos de muestreo

Las palomas (*Columba livia*) fueron capturadas en 5 puntos de muestreo ubicados en el distrito de San Sebastián, para asegurar la representatividad del muestreo (ver Tabla 1 y Figura 4). Estos se caracterizaron principalmente por la alta sobrepoblación de palomas y puntos de acumulación de residuos sólidos.

Tabla 1 Características de los puntos de muestreo en el distrito de San Sebastián

Punto de Muestreo	Ubicación		Descripción
	UTMX	UTMY	
A Plazoleta Micaela Bastidas	185141.58	8501377.29	Caracterizada por alto flujo peatonal y altas actividades comerciales, con áreas de descanso y zonas de recolección de residuos sólidos, lo que favorece la presencia constante de palomas (<i>Columba livia</i>).
B Prolongación Calle Bolívar	182188.41	8502516.59	El sitio de muestreo se caracterizó por ser una zona sin pavimentación y zona de recojo de basura, favoreciendo la formación de lodo mezclado con residuos sólidos en épocas de lluvias, con alta población de palomas que utilizan las viviendas aledañas como refugios.
C Ex-botadero de San Antonio	183489.71	8500548.89	El muestreo se realizó en zonas aledañas del ex-Botadero San Antonio, que se caracteriza por la presencia de varias zonas de acumulación de residuos sólidos favorecidas por la actividad cotidiana y el crecimiento poblacional
D Alrededor del Mercado Santa Rosa	183967.36	8502065.69	Caracterizada por una actividad de comercio elevada, así como la presencia de puestos de venta de alimentos frescos y productos preparados, los cuales hacen que alrededor del mercado se generen varias zonas de acumulación de residuos sólidos.
E Alrededor del Mercado Virgen del Carmen	183149.59	8503195.29	También presenta un alto flujo comercial, además de puestos de venta de alimentos (comidas preparadas), generando varias zonas de acumulación de residuos sólidos en sus alrededores, donde se acumulan palomas (<i>Columba livia</i>)

Figura 4

Puntos de muestreo donde se realizaron la captura de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.



Nota: **A:** Plazoleta Micaela Bastidas, **B:** Prolongación Calle Bolívar, **C:** ex-botadero San Antonio, **D:** Alrededor del Mercado Santa Rosa, **E:** Alrededor del Mercado Virgen del Carmen.

2.4.2 Captura de palomas (*Columba livia*)

- La captura se efectuó en cinco puntos de muestreo del distrito de San Sebastián como se muestra en la Tabla 2 y Figura 3, capturando entre 18 a 21 ejemplares por cada punto de muestreo.
- Para el trampeo, se emplearon jaulas trampa tipo Tomahawk, utilizando como cebo una mezcla de maíz entero, semillas de girasol y migas de pan, junto con una fuente de agua. Estos elementos se colocaron en el interior de los dispositivos durante las primeras horas de la mañana. El cebo se distribuyó desde la entrada hacia el fondo de la jaula para incentivar el ingreso de las aves. Una vez que las palomas se habituaron a la estructura, se procedió al cierre de la compuerta mediante un mecanismo de activación manual, logrando así la captura segura de los ejemplares de palomas (*Columba livia*) (Tomahawk, 2020).

Tabla 2

Puntos de muestreo de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

Puntos de muestreo	Descripción del punto de muestreo	UTMX	UTMY
A (Primer Punto)	Plazoleta Micaela Bastidas	185141.575	8501377.295
B (Segundo Punto)	Prolongación Calle Bolívar	182188.413	8502516.586
C (Tercer Punto)	Ex-botadero de San Antonio	183489.707	8500548.881
D (Cuarto Punto)	Alrededor del Mercado de Santa Rosa	183967.364	8502065.692
E (Quinto Punto)	Alrededor del Mercado Virgen del Carmen	183149.593	8503195.285

Marcaje y liberación de las palomas (*Columba livia*)

- Previo a la liberación, se realizó un marcaje preventivo siguiendo las recomendaciones técnicas del Dr. José Antonio Ochoa Cámara. Este procedimiento consistió en el recorte de una sección específica de las plumas de una de las alas, empleando un patrón diferenciado para cada punto de muestreo. Este método de marcaje no interfirió con la capacidad de vuelo ni el bienestar de las aves, y permitió asegurar la exclusión de ejemplares previamente capturados en muestreos posteriores (Figura 5).
- Se repitió el mismo protocolo de identificación con la totalidad de los ejemplares de palomas (*Columba livia*) capturadas.
- Para el procesamiento de las muestras y el examen clínico, las palomas (*Columba livia*) fueron transportadas en contenedores de cartón ventilados hacia el Laboratorio Institucional de Microbiología e Inmunología de la universidad en el pabellón 06, garantizando condiciones adecuadas de bioseguridad y bienestar animal durante el traslado.

Figura 5

Marcaje de palomas (*Columba livia*), siguiendo un patrón de corte en las alas.



Fuente: Ochoa J. A. (2024)

2.4.3 Aislamiento de enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).

A. Toma de Muestra de heces de paloma (*Columba livia*).

- **Sujeción y exposición:** Para el abordaje de la muestra, se procedió a la inmovilización de cada ejemplar mediante la técnica de sujeción manual. Este procedimiento permitió la restricción física segura del ave, dejando expuesta la cavidad cloacal para su manipulación, siguiendo los protocolos de bienestar y manejo aviar (Ghanem, 2023).
- **Instrumental y preparación:** La toma de muestra se realizó mediante un hisopado cloacal a una profundidad de 2 cm, empleando dos hisopos de nylon (150 mm x 5 mm) por cada ejemplar. Los hisopos fueron previamente humedecidos con solución salina fisiológica estéril para facilitar el ingreso y maximizar la recuperación de material biológico (Morales Cauti et al., 2021).
- **Ejecución del hisopado:** Se realizó un frotis en la región cloacal mediante movimientos rotatorios suaves y constantes. Se aseguró el contacto directo con la mucosa interna para la obtención de una carga representativa de materia fecal, evitando en todo momento generar lesiones o estrés innecesario en el tejido cloacal del ave (ver Figura 6).

Figura 6

Recolección de muestras de hisopado cloacal de palomas (*Columba livia*) procedentes del distrito de San Sebastián.



B. Enriquecimiento y cultivo de enterobacterias.

- **Inoculación:** Ambos hisopos con el material fecal recolectado se introdujeron en tubos de ensayo conteniendo 3 mL de caldo BHI (*Brain Heart Infusion*) como medio de enriquecimiento no selectivo, y en caldo Selenito para favorecer la recuperación selectiva de géneros como *Salmonella spp.* y *Shigella spp.*
- **Incubación:** Tras ser debidamente rotulados, ambos caldos se incubaron en condiciones de aerobiosis a 37 °C durante 24 horas para permitir la reactivación metabólica y proliferación bacteriana.

C. Siembra y aislamiento en medios de cultivos de enterobacterias.

A partir de los caldos de enriquecimiento (BHI y selenito) se sembró 10 µL por extensión en superficie en tres variantes de agar MacConkey bajo las siguientes condiciones:

- **Agar MacConkey sin suplemento:** A partir de los caldos BHI y Selenito, se sembró una alícuota de 10 µL por extensión en superficie con el fin de observar el crecimiento de enterobacterias totales presentes en las muestras de hisopados cloacales de palomas.
- **Agar MacConkey suplementado con ceftriaxona (CRO) 4 mg/L:** Se empleó la concentración sugerida por Jacob et al., (2020). A partir de los caldos de cultivo, se sembró una alícuota de 10 µL por extensión en superficie con el objetivo de aislar y seleccionar cepas de enterobacterias con resistencia a cefalosporinas de tercera generación.
- **Agar MacConkey suplementado con meropenem (MEM) 1 mg/L:** Utilizando la concentración de referencia de Githii et al. (2024), A partir de los caldos de cultivo, se sembró alícuota de 10 µL por extensión en superficie, que permitió el aislamiento y selección de cepas de enterobacterias con resistencia a carbapenémicos (fenotipo presuntivo de producción de carbapenemasas).

D. Identificación bioquímica de cepas

La identificación taxonómica de las enterobacterias con fenotipo de resistencia se realizó de acuerdo con los criterios actualizados del *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria* (Parte et al., 2024). Para la caracterización a nivel de especie, se empleó una batería de pruebas bioquímicas convencionales que incluyó:

- **Diferenciación de utilización de azúcares y aminoácidos:** Agar hierro triple azúcar (TSI) y agar lisina hierro (LIA).

- **Pruebas metabólicas y de sustratos:** Agar urea (Urea de Christensen), Citrato (Citrato de Simmons) y la serie de pruebas IMViC (Indol, Rojo de metilo, Voges-Proskauer y Citrato).
- **Actividad enzimática y movilidad:** Medio MIO (Movilidad-Indol-Ornitina).
- **Prueba de confirmación genérica:** Se utilizó el caldo malonato como prueba complementaria para aquellos aislamientos compatibles con el género *Klebsiella*, permitiendo su diferenciación bioquímica definitiva frente a otros géneros de la familia *Enterobacteriaceae*.

2.4.4 Determinación de la resistencia a β -lactámicos, empleando el método Kirby-Bauer.

El Instituto de Normas Clínicas y de Laboratorio (CLSI, 2025), recomienda un procedimiento de dos etapas para la detección de la resistencia a β -lactámicos. La primera etapa consiste en la evaluación de la sensibilidad frente a diversos β -lactámicos indicadores, mientras que la segunda corresponde a las pruebas confirmatorias para identificar fenotipos productores de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas (Husna et al., 2023).

Las pruebas confirmatorias se basaron en métodos de difusión con discos, empleando ensayos de sinergia de doble disco y discos combinados de acuerdo con las directrices actualizadas del documento (CLSI, 2025).

A. Método de Kirby-Bauer en agar Mueller-Hinton para la detección de β -Lactamasas de espectro extendido (BLEE)

El cribado inicial para la detección de BLEE se realizó utilizando cefalosporinas indicadoras y un monobactámico: cefotaxima (30 μ g), ceftriaxona (30 μ g), ceftazidima (30 μ g) y aztreonam (30 μ g) siguiendo las directrices del (CLSI, 2025). El procedimiento se ejecutó bajo los siguientes criterios:

- **Preparación del inóculo:** Se prepararon suspensiones bacterianas en solución salina estéril a partir de cultivos puros en agar MacConkey. La turbidez se ajustó a una Densidad Óptica ($D.O_{625nm}$) entre 0.08 y 0.13, medida por espectrofotometría, equivalente al estándar 0.5 de McFarland.
- **Inoculación:** Las suspensiones se distribuyeron uniformemente en placas de agar Mueller-Hinton mediante la técnica de siembra por diseminación en superficie con hisopos de algodón estériles, rotando la placa para asegurar una confluencia total.
- **Discos de sensibilidad e incubación:** Se colocaron los discos de antibióticos mencionados siguiendo las recomendaciones del CLSI. Las placas se incubaron a 37 °C durante un periodo de 18 a 24 horas antes de la lectura de los halos de inhibición.

B. Método de Kirby-Bauer en agar Mueller-Hinton para la detección de carbapenemasas.

Para la identificación presuntiva de cepas productoras de carbapenemasas, se evaluó la susceptibilidad a los carbapenémicos de referencia: ertapenem (10 μ g), meropenem (10 μ g) e imipenem (10 μ g), siguiendo las directrices del (CLSI, 2025).

- **Preparación e inoculación:** Se siguió el mismo protocolo de estandarización del inóculo (0.5 McFarland) y siembra por diseminación en superficie en agar Mueller-Hinton descrito anteriormente.
- **Discos de sensibilidad e incubación:** Se emplearon discos de meropenem (10 μ g), ertapenem (10 μ g) e imipenem (10 μ g). Tras la colocación de los discos, las placas se incubaron a 37 °C por 24 horas. La interpretación de los

resultados se realizó comparando los diámetros de los halos de inhibición con los puntos de corte establecidos por el manual (CLSI, 2025).

C. Lectura del antibiograma

- **Medición de halos:** Tras el periodo de incubación, se procedió a medir el diámetro de los halos de inhibición del crecimiento bacteriano. Para garantizar la precisión de los resultados, las mediciones se realizaron empleando un calibrador digital (Vernier), registrando los valores en milímetros (mm).
- **Categorización clínica:** Los diámetros obtenidos fueron interpretados y categorizados en tres niveles: **Sensible (S)**, **Intermedio (I)** y **Resistente (R)**. Esta clasificación se realizó estrictamente bajo los puntos de corte establecidos en las directrices actualizadas del manual (CLSI, 2025) (Ver Anexo 5).

2.4.5 Confirmación fenotípica de resistencia a β -lactámicos.

La fase confirmatoria se llevó a cabo únicamente en aquellos aislamientos que mostraron resultados positivos en el cribado inicial. Esta etapa implicó el uso de pruebas de sinergia con inhibidores específicos para la identificación de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas (Husna et al., 2023).

A. Confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE).

Método de Jarlier (1988)

Técnica basada en la sinergia de doble disco, la cual sigue las pautas establecidas por el Comité Europeo de Pruebas de Susceptibilidad Antimicrobiana (EUCAST) (Husna et al., 2023). Es el método fenotípico confirmatorio más utilizado para la detección de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), teniendo en cuenta que posee pautas establecidas por el Comité Europeo de

Pruebas de Susceptibilidad a los antimicrobianos (EUCAST) (Husna et al., 2023).

Para el desarrollo del método se utilizaron discos de: Ceftazidima (30 μ g), Ceftriaxona (30 μ g), Cefepime (30 μ g), Aztreonam (30 μ g) y Amoxicilina/Ácido Clavulánico (20/10 μ g) (Herrera y Vallejos, 2020).

- **Preparación e inoculación:** Se preparó una suspensión bacteriana ajustada a una D.O_{625nm} entre 0.08 y 0.13 (estándar 0.5 de McFarland) medidas en espectrofotómetro. El inóculo se distribuyó de forma homogénea sobre la superficie de agar Mueller-Hinton en tres direcciones, permitiendo un secado de 5 minutos.
- **Disposición de los discos:** Se colocó el disco de amoxicilina/ácido clavulánico (inhibidor) en la parte central de la placa. A una distancia de 20 a 25 mm (de centro a centro), se dispusieron los discos de las cefalosporinas y el aztreonam de forma circular. Las placas se incubaron a 37 °C por un periodo de 18 a 24 horas.
- **Interpretación:** La presencia de BLEE se confirmó mediante la observación del "efecto de sinergia" (formación de una imagen en "huevo" o "punta de flecha") entre el halo del inhibidor y los discos de los sustratos β -lactámicos.

B. Confirmación fenotípica de carbapenemasas.

Para la caracterización de carbapenemasas se emplearon métodos de sinergia de doble disco utilizando ácido fenilborónico (APB) y EDTA, técnicas que presentan una alta sensibilidad y especificidad del 92% y 94% respectivamente (Villegas et al., 2019).

a) Sinergia con doble disco con Ácido Borónico (APB)

Utilizado para la detección de carbapenemasas de Clase A (Clasificación de Ambler). Siguiendo el manual de Miranda (2018), se colocó un disco de APB (300 μ g) en el centro de la placa de agar Mueller-Hinton, flanqueado por discos de imipenem 10 μ g) y meropenem (10 μ g) a una distancia de 20 mm. Los positivos presentaron una sinergia positiva (un incremento en el halo de inhibición hacia el disco del inhibidor entre el inhibidor y los discos carbapenémicos).

b) Sinergia con doble disco con Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA)

Empleado para la detección de metalobetalactamasas (Clase B de Ambler). De acuerdo con el manual de Miranda (2018), se colocó un disco impregnado con EDTA (750 μ g) en posición central y, a una distancia de 15 mm, se ubicaron los discos de imipenem (10 μ g) y meropenem (10 μ g). La presencia de sinergia entre el inhibidor y los carbapenémicos confirmó la producción de enzimas de clase B.

2.4.6 Determinación fenotípica de factores de virulencia

La determinación de los factores de virulencia se realizó evaluando únicamente a los aislamientos que presentaron un fenotipo de resistencia a β -lactámicos, confirmados previamente por su crecimiento en agar MacConkey suplementado con ceftriaxona (CRO) o meropenem (MEM). En estas cepas seleccionadas, se evaluaron factores determinantes en la patogenicidad, tales como la formación de biopelícula (*biofilm*), el fenotipo de hipermucoviscosidad. (Hussain et al., 2019), la producción de hemolisinas (Hasan & Ibrahim, 2022), lipasas (Truşcă et al., 2023), caseína (Hullur y otros, 2022) y gelatina (Temel & Erac, 2022).

A. Producción de hemolisina

Se empleó el método de lisis en agar sangre (Pakbin et al., 2021). Las cepas se inocularon en agar sangre al 5% (sangre de cordero) y se incubaron a 37 °C por 24 horas. La actividad se clasificó como α -hemólisis (halo verdoso/oxidación de hemoglobina), β -hemólisis (halo transparente/lisis total) y γ -hemólisis (ausencia de lisis).

Se utilizó como control positivo para β -hemólisis la cepa de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y como control positivo para α -hemólisis la cepa de *Streptococcus spp.*

B. Hidrólisis Tween 80

Siguiendo a Hullur et al. (2022), se realizó una punción en medio agar suplementado con Tween 80. Tras una incubación de cinco hasta siete días a 37 °C, la formación de un halo opaco alrededor del punto de inoculación se consideró como reacción positiva para la producción de lipasas.

Se utilizó como control positivo se utilizó la cepa de *Pseudomonas fluorescens* ATCC 13525.

C. Hidrólisis de caseína.

Se evaluó la producción de proteasas mediante la formación de halos de transparencia en agar leche al 1% (Hullur et al., 2022). Las placas se inocularon y se incubaron a 37 °C por 72 horas; se registró como positivo aquel crecimiento que presentó una zona de lisis clara alrededor de la colonia.

Se utilizó como control positivo se utilizó la cepa de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

D. Hidrólisis de gelatina

Se evaluó la capacidad de producción de gelatinasa mediante el método de precipitación en medio sólido suplementado con gelatina al 3%, siguiendo el protocolo de Temel & Erac, (2022).

Se utilizó como control positivo se utilizó la cepa de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

- **Inoculación e incubación:** Las cepas se inocularon por estría en placas de agar nutritivo con gelatina al 3% y se incubaron a 37 °C durante 48 horas. Posteriormente, las placas se refrigeraron a 4 °C para estabilizar el medio antes del revelado. (Temel & Erac, 2022).
- **Revelado de la prueba:** Se utilizó una solución ácida de cloruro de mercurio (reactivo de Frazier), compuesta por 15 g de HgCl₂, 20 mL de ácido clorhídrico (HCl) concentrado y 100 mL de agua destilada.
- **Interpretación:** Las placas se inundaron con 8 a 10 mL del reactivo. La formación de una zona clara o halo de transparencia alrededor del crecimiento bacteriano, sobre un fondo opaco debido a la precipitación de la gelatina por el reactivo, se registró como un resultado positivo para la hidrólisis de gelatina.

E. Detección de biofilm

La capacidad de formación de *biofilm* se evaluó mediante el método de microtitulación en placas de 96 pocillos con tinción de cristal violeta, siguiendo el protocolo de Castro et al. (2022) con las adaptaciones para superficies de poliestireno de Cho et al. (2022) ampliamente usada en estudios de *Escherichia coli* y *Klebsiella*. Esta metodología permitió cuantificar la biomasa adherida y clasificar los aislados según su intensidad de formación de biofilm (Moreno et al., 2022).

Se utilizó como control positivo la cepa de *Pseudomonas fluorescens* ATCC 13525.

- **Preparación del inóculo:** A partir de colonias frescas cultivadas en agar Mueller–Hinton, se preparó una suspensión bacteriana en solución esteril ajustada a una $D.O_{625nm}$, entre 0.08 y 0.13 (equivalente a 0,5 unidades McFarland), medida en espectrofotómetro.
- **Dilución en caldo:** Se tomaron 50 μ L de la suspensión ajustada y se inocularon en 4,95 mL de caldo BHI, obteniendo una dilución 1:100.
- **Siembra en microplaca:** En placas de poliestireno de 96 pozos se dispensaron 200 μ L de la dilución 1:100 en tres pocillos por cada aislamiento. La primera fila se cargó con 200 μ L de BHI sin inóculo, como control negativo.
- **Incubación:** Las placas se sellaron con Parafilm para evitar la evaporación y se incubaron a 35 ± 2 °C durante 24 horas.
- **Lavado:** Transcurrido el tiempo de incubación, se decantó cuidadosamente el contenido de cada pocillo y se lavó tres veces con solución tampón fosfato (PBS, pH 7,4) para retirar células no adheridas, dejando secar al aire por 30 minutos.
- **Fijación:** Se añadieron 200 μ L de metanol a cada pocillo y se dejó actuar 15–30 min. Posteriormente se decantó y se realizó un lavado rápido con PBS.
- **Tinción:** Se agregaron 200 μ L de cristal violeta al 1 % y se dejó en contacto 15–30 min. Se decantó el colorante y se lavó tres veces con PBS hasta eliminar el exceso y se dejaron secar.
- **Solubilización y lectura:** Se añadieron 200 μ L de etanol al 96 % a cada pocillo y se dejó actuar 5–30 min hasta solubilizar el colorante fijado al biofilm. La absorbancia se leyó en lector de ELISA a 492 nm (o entre 570–595 nm según la disponibilidad del equipo), registrando el valor medio de los tres pocillos por aislamiento.

- **Determinación del punto de corte (OD_c):** La OD de corte se definió como:
(OD_c) = media de OD de los controles negativos + 3 desviaciones estándar.
- **Clasificación de la capacidad de formación de biofilm** (Deka, 2014):
 - No adherente: $OD_t \leq OD_c$
 - Débilmente adherente: $OD_c < OD_t \leq 2 \times OD_c$
 - Moderadamente adherente: $2 \times OD_c < OD_t \leq 4 \times OD_c$
 - Fuertemente adherente: $4 \times OD_c < OD_t$

Fuente: (Moreno et al., 2022).

F. Hipermucoviscosidad

Para identificar cepas con fenotipo de hipermucoviscosidad (Hv), se realizó el String Test (Hullur et al., 2022). Los aislados se cultivaron en agar sangre de cordero al 5% a 37 °C por 24 horas. Se utilizó un asa de siembra para realizar la prueba de hilo, cuando la colonia presentaba una filancia mayor a 5 mm; la prueba se consideraba positiva, lo que indicaba la presencia del fenotipo de hipermucoviscosidad.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Aislamiento de enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*)

3.1.1 Distribución general de las palomas muestreadas

Se determinó la distribución general de las 96 palomas (*Columba livia*) muestreadas sobre la base de sus características fenotípicas, lo que permitió agruparlas por grupo etario y sexo; además se consideró la procedencia geográfica de cada paloma (ver Tabla 3).

Tabla 3

Distribución de las palomas según sexo y grupo etario.

Distribución general de las palomas			Total	
			n=96	%
Género		Macho	58	60.4
		Hembra	38	39.6
Edad		Juvenil	39	40.6
		Adulto	57	59.4
Punto de Muestreo	Punto A	Plazoleta Micaela Bastidas	19	19.8
	Punto B	Prolongación Calle Bolívar	18	18.8
	Punto C	Ex-botadero de San Antonio	21	21.9
	Punto D	Alrededor del Mercado Santa Rosa	19	19.8
	Punto E	Alrededor del Mercado Virgen del Carmen	19	19.8

La Tabla 3 resume las características demográficas de las palomas (*Columba livia*) capturadas en los cinco puntos de muestreo del distrito de San Sebastián. Del total de la población evaluada (n=96), se observó una marcada predominancia de machos (60.4%) sobre las hembras (39.6%). Esta distribución sexual se mantuvo consistente en la mayoría de las zonas intervenidas, siendo particularmente acentuada en el entorno del Mercado Virgen del Carmen, donde la proporción de machos alcanzó su valor máximo con un 68.4%.

En cuanto a la estructura etaria, la población estuvo compuesta mayoritariamente por individuos adultos (59.4%), mientras que los ejemplares juveniles representaron el 40.6%. El análisis por puntos de muestreo reveló que el grupo adulto prevaleció en casi todas las locaciones, destacando nuevamente el sector del Mercado Virgen del Carmen, donde el 78.9% de las capturas correspondieron a esta categoría. En contraste, una mayor frecuencia de individuos juveniles se registró en zonas de disposición o acumulación de residuos, específicamente en la Prolongación Calle Bolívar y el ex-botadero de San Antonio.

Esta composición demográfica, caracterizada por una presencia mayoritaria de machos adultos, refleja las dinámicas poblacionales propias de cada zona y el comportamiento gregarismo de la especie en áreas con alta disponibilidad de alimento. Desde una perspectiva epidemiológica, la representatividad de ambos sexos y de distintos grupos etarios en la muestra es fundamental, ya que permite inferir que la colonización por enterobacterias resistentes a β -lactámicos es un fenómeno transversal en la población de palomas urbanas, independientemente de sus características biológicas individuales (García, 2016; Sánchez, 2019). Este hallazgo refuerza el rol de *Columba livia* como un reservorio ambiental constante y un vector efectivo en la diseminación de genes de resistencia dentro del ecosistema urbano (Beleza et al., 2024).

3.1.2 Aislamiento de enterobacterias y crecimiento diferencial a partir de medios selectivos por punto de muestreo

Para el aislamiento de enterobacterias, se sembraron a partir de los caldos BHI (*Brain Heart Infusion*) y caldo selenito con crecimiento, en agar MacConkey bajo tres condiciones: una placa de agar Macconkey sin suplementos de antibioticos para recuperar enterobacterias generales y placas selectivas de MacConkey

suplementadas con ceftriaxona (CRO, 4 mg/L) y meropenem (MEM, 1 mg/L), para el aislamiento selectivo de enterobacterias con fenotipo, tal como se detalla en la Tabla 15 hasta la Tabla 19 según punto de muestreo (Ver Anexo 1).

De manera general, los cultivos en agar MacConkey sin suplementos de antibióticos, provenientes de enriquecimiento en caldo BHI, registraron un crecimiento bacteriano en todos los puntos de muestreo, lo que confirma una alta carga de enterobacterias en la microbiota cloacal de las palomas evaluadas. No obstante, los cultivos de agar MacConkey sin suplemento de antibióticos, derivados del caldo selenito presentaron una recuperación bacteriana menor, y en algunos casos nula, motivo por el cual estos valores se excluyeron de las tablas de recuento general.

En el punto de muestreo A (Tabla 15), se evidenció crecimiento de enterobacterias en agar MacConkey sin suplementos de antibióticos en el 100 % (19/19) de las muestras; en el agar MacConkey suplementado con ceftriaxona el crecimiento fue del 68.42 % (13/19) y en el agar MacConkey suplementado con meropenem, solo el 31.58 % (6/19). Estos resultados sugieren la existencia de subpoblaciones con resistencia fenotípica a cefalosporinas de tercera generación y a carbapenémicos, lo cual es consistente con la caracterización molecular de Meriem et al. (2023), sobre la presencia de BLEE y carbapenemasas en aislados de palomas. Cabe destacar que el desarrollo de colonias en presencia de meropenem en este punto podría estar vinculado a la proximidad de centros hospitalarios; la descarga de residuos médicos, farmacéuticos y otros efluentes contaminados con sustancias químicas y bacterias resistentes que contribuyen significativamente a la presión selectiva en el entorno de este punto de muestreo (Dementieva et al., 2022).

Por su parte, el punto B y C (Tabla 16 y 17), se observó crecimiento en el medio de agar MacConkey sin suplemento de antibióticos en el 100 % de las muestras en

ambos puntos, mientras que bajo la presión de ceftriaxona el crecimiento fue del 44.44 % (8/18) y 52.38 % (11/21) respectivamente. No hubo crecimiento en presencia de meropenem, lo que indica una amplia circulación de fenotipos resistentes a cefalosporinas, pero sin evidencia de resistencia a carbapenémicos en estos sitios específicos.

En los puntos D y E (Tablas 18 y 19) en agar MacConkey sin suplemento de antibioticos, se crecimiento fue del 89.47 % (17/19), 94.74 % (18/19) respectiaemnte. Bajo la presión de MacConkey suplementado con ceftriaxona, se determino crecimiento en el 42.11 % (8/19) en el punto D y 52.63 % (10/19) en el punto E respectivamente, lo que sugiere la presencia cepas capaces de resistir a antibióticos de importancia crítica clínica.

Finalmente, la capacidad de estas enterobacterias de proliferar en agar MacConkey suplementado con CRO (4 mg/L) y, en menor proporción, con MEM (1 mg/L), parece estar estrechamente relacionada con las características ecológicas del lugar de captura, principalmente en zonas de acumulación de residuos sólidos y áreas influenciadas por los efluentes de aguas residuales del río Huatanay. En conjunto, estos resultados reafirman que las palomas (*Columba livia*) actúan como reservorios y vectores de enterobacterias en altas concentraciones, albergando fracciones poblacionales bacterianas capaces de resistir a antibióticos bajo presión ambiental (Beleza et al., 2024; Dolka et al., 2020).

Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar medidas de mitigación en salud pública y ambiental, tales como la separación adecuada de residuos, el compostaje obligatorio de desechos alimentarios y la estricta descontaminación de efluentes médicos y químicos. Dichas acciones son fundamentales para reducir la carga de contaminación microbiológica y frenar la diseminación de la resistencia

antimicrobiana en el ecosistema urbano (García et al., 2020). Asimismo, el empleo metodológico de medios suplementados con β -lactámicos demostró ser una herramienta altamente eficaz para la identificación temprana de fenotipos potencialmente resistentes a β -lactámicos, cuyos perfiles son congruentes con la selección ambiental de mecanismos enzimáticos tipo BLEE y carbapenemasas (Meriem et al., 2023).

3.1.3 Frecuencia de palomas (*Columba livia*) con enterobacterias resistentes a β -lactámicos.

Los aislamientos de enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) en los cinco puntos de muestreo del distrito de San Sebastián, mediante el uso de agar MacConkey suplementado con ceftriaxona (CRO, 4 mg/L) y meropenem (MEM, 1 mg/L), confirmó que 51 de las 96 palomas evaluadas albergaban al menos una cepa con resistencia a β -lactámicos.

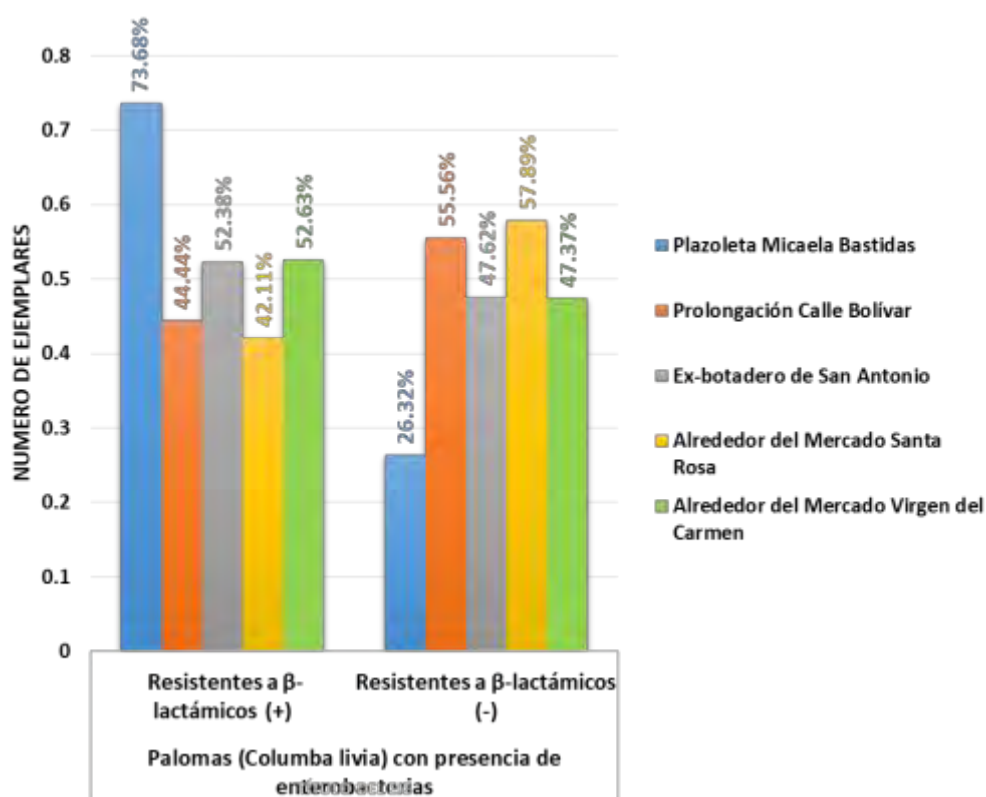
Tabla 4

Distribución de palomas (*Columba livia*) con aislados de enterobacterias con y sin fenotipo de resistencia a β -lactámicos – San Sebastián, Cusco, 2025.

Punto de Muestreo		Palomas (<i>Columba livia</i>) con presencia de enterobacterias			
		n	Resistentes a β -lactámicos (+)	%	Resistentes a β -lactámicos (-)
Punto A	Plazoleta Micaela Bastidas	19	14	73.68%	5
Punto B	Prolongación Calle Bolívar	18	8	44.44%	10
Punto C	Ex-botadero de San Antonio	21	11	52.38%	10
Punto D	Alrededor del Mercado Santa Rosa	19	8	42.11%	11
Punto E	Alrededor del Mercado Virgen del Carmen	19	10	52.63%	9
Total		96	51	53.04%	45

Figura 7

Distribución de palomas (*Columba livia*) con aislados de cepas de enterobacterias con y sin fenotipo de resistencia a β -lactámicos, San Sebastián, Cusco 2025.



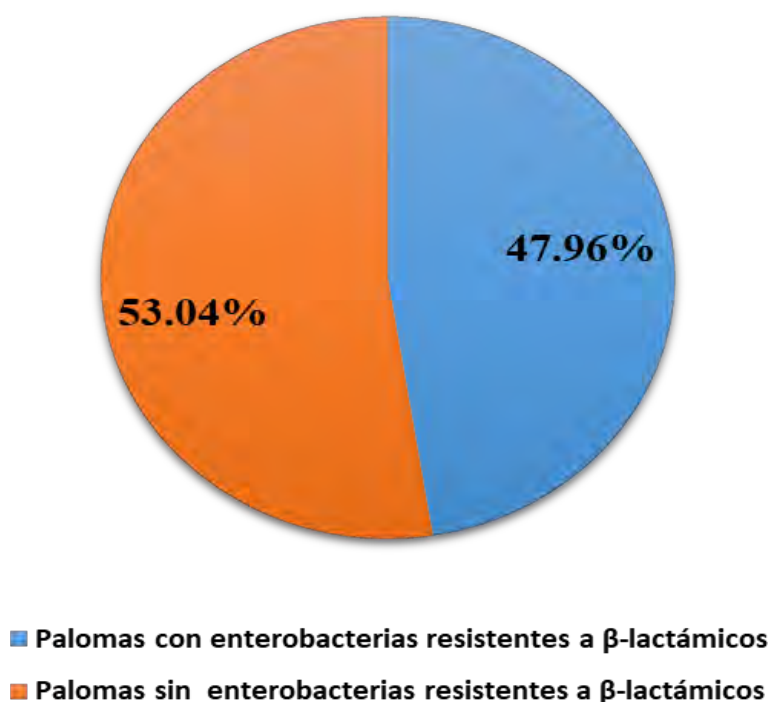
La Tabla 4 y la Figura 7 ilustran la distribución de palomas portadoras de enterobacterias con fenotipo resistencia a β -lactámicos en los cinco puntos de estudio. En términos generales, se observa una variabilidad significativa en la proporción de aves colonizadas, fuertemente ligada a la ubicación geográfica y el entorno evaluado. El porcentaje más elevado de colonización se registró en la Plazoleta Micaela Bastidas (Punto A), donde el 73.68% (14/19) de las palomas resultaron positivas. En orden descendente, le siguieron el entorno del Mercado Virgen del Carmen (Punto E) con un 52.63% (10/19), y el ex-botadero de San Antonio (Punto C) con un 52.38% (11/21).

Por el contrario, la prevalencia de fenotipos resistencia a β -lactámicos fue menor en la Prolongación Calle Bolívar (Punto B) con un 44.44% (8/18) y alcanzó su valor mínimo en el entorno del Mercado Santa Rosa (Punto D), donde solo el 42.11%

(8/19) de las aves presentó esta característica. En estos dos últimos puntos, la proporción de palomas portadoras exclusivas de bacterias susceptibles (resistencia a β -lactámicos) superó el umbral del 50%, alcanzando el 55.56% y el 57.89%, respectivamente.

Figura 8

Distribución general de palomas (*Columba livia*) con presencia de enterobacterias resistencia a β -lactámicos en el distrito de San Sebastián, Cusco, 2025.



La Figura 8 ilustra la distribución general de la resistencia de enterobacterias en la población de palomas evaluadas, revelando que el 53.04% (51/96) de las palomas actuaron como portadoras de enterobacterias resistentes a β -lactámicos (+), frente a un 47.96% (45/96) de individuos libres de estas cepas (resistentes a β -lactámicos). Esta alarmante prevalencia del 53.1% es consistente con lo reportado por Beleza et al. (2024), quienes sostienen que la interacción constante de las aves sinantrópicas con matrices ambientales contaminadas, como efluentes y basurales, facilita la adquisición y diseminación de mecanismos de resistencia de importancia clínica.

Si bien la presencia de multirresistencia fue una constante transversal en todos los sitios evaluados, las marcadas diferencias en las proporciones entre zonas sugieren que factores importantes como la gestión deficiente de residuos, la proximidad a fuentes de contaminación hídrica y la intensidad de la actividad antropogénica actúan como presiones selectivas diferenciadas sobre la microbiota cloacal de estas aves (Dementieva et al., 2022). En consecuencia, estos resultados refuerzan la hipótesis de que las palomas urbanas funcionan como centinelas epidemiológicos de la resistencia antimicrobiana en el ecosistema.

3.1.4 Frecuencia de cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas en palomas (*Columba livia*)

La frecuencia de cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas a partir de los hisopados cloacales de palomas, se determinó mediante el crecimiento en los medios en agar MacConkey suplementados con ceftriaxona (CRO, 4 mg/L) y meropenem (MEM, 1 mg/l), así como también diferencias en las características macroscópicas de las colonias bacterianas.

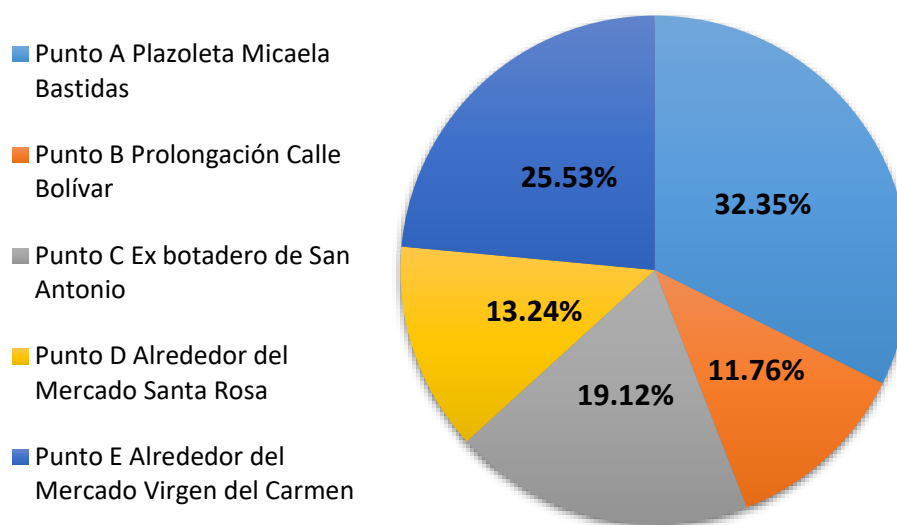
Tabla 5

Frecuencia de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas en muestras de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) – San Sebastián, Cusco, en el periodo de marzo-abril 2025

PUNTO DE MUESTREO		N° de palomas	N° de cepas resistentes a β -lactámicos	
			n	%
Punto A	Plazoleta Micaela Bastidas	19	22	32.35%
Punto B	Prolongación Calle Bolívar	18	8	11.76%
Punto C	Ex-botadero de San Antonio	21	13	19.12%
Punto D	Alrededor del Mercado Santa Rosa	19	9	13.24%
Punto E	Alrededor del Mercado Virgen del Carmen	19	16	23.53%
Total		96	68	100%

Figura 9

Distribución porcentual de las cepas resistentes a β -lactámicos en el distrito de San Sebastián, Cusco en el periodo de marzo-abril 2025



La Tabla 5 y la Figura 9 detallan la procedencia de las 68 cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos recuperadas a lo largo del estudio. Es importante destacar que estos 68 aislamientos se obtuvieron a partir de las 51 palomas que resultaron positivas en el cribado selectivo, lo que evidencia la coexistencia de múltiples cepas resistentes en un mismo hospedero.

La mayor carga de estas cepas resistentes se concentró en la Plazoleta Micaela Bastidas, aportando el 32.35% (22/68) del total de aislamientos. Le siguieron el Mercado Virgen del Carmen con el 25.53% (16/68), el ex-botadero San Antonio con el 19.13% (13/68) y el Mercado Santa Rosa con el 13.24% (9/68). La menor frecuencia de recuperación se registró en la Prolongación Calle Bolívar, aportando únicamente el 11.76% (8/68) de las cepas.

Esta distribución territorial confirma el rol activo de las palomas urbanas como reservorios y amplificadores de enterobacterias resistentes a β -lactámicos. La variabilidad en la frecuencia de aislamiento entre las distintas zonas está estrechamente vinculada a los hábitos de forrajeo de estas aves, particularmente en

áreas de alta presión antropogénica. Tal como señala Gliebova (2014), el impacto humano en estos microambientes actúa como el factor determinante para la presión selectiva y el desarrollo de resistencia en la microbiota ambiental. Resulta sumamente importante que la colonización por estas bacterias ocurra de manera persistente en fauna urbana o silvestre que no está sometida a la administración directa de fármacos; esto evidencia de forma contundente que la adquisición de estos microorganismos es un fenómeno netamente ambiental, impulsado por la propagación de determinantes de resistencia desde residuos sólidos y efluentes contaminados hacia el ecosistema urbano (Dementieieva et al., 2022).

3.1.5 Frecuencia de especies de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas en palomas (*Columba livia*)

La identificación a nivel de especie se llevó a cabo a partir de los aislamientos que evidenciaron crecimiento en agar MacConkey suplementado con ceftriaxona (CRO, 4 mg/L) o meropenem (MEM, 1 mg/L). Mediante este tamizaje fenotípico selectivo, se logró recuperar e identificar un total de 68 cepas con resistencia a β -lactámicos, originarias de las 51 palomas que resultaron positivas en el cribado inicial (ver Tabla 20, Anexo 2).

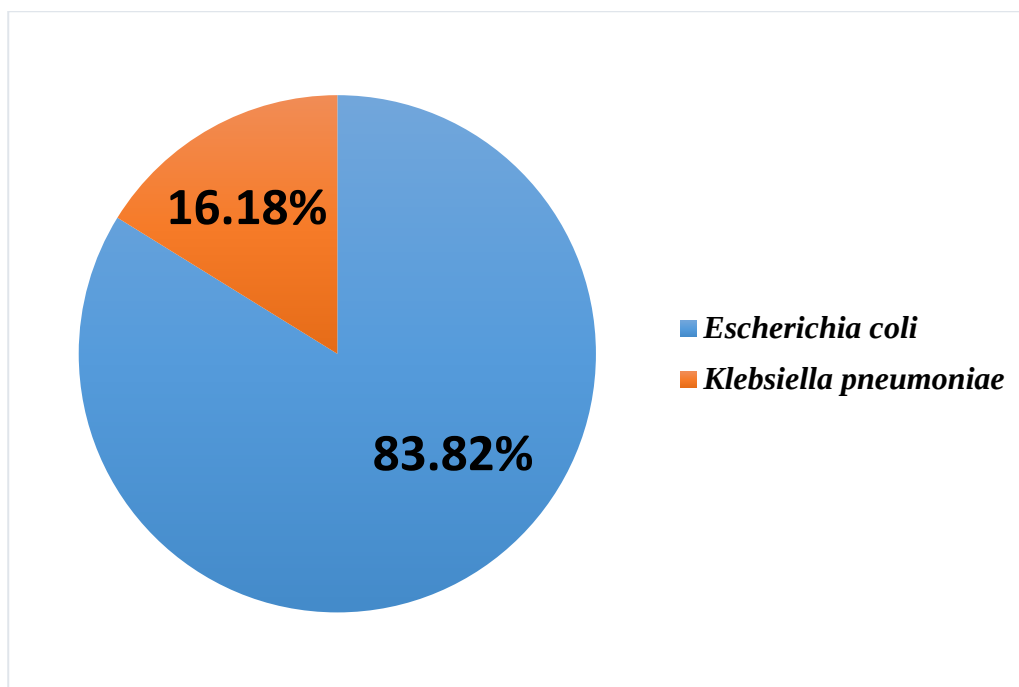
Tabla 6

Frecuencia de cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos detectadas en muestras de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) – San Sebastián, Cusco, en el periodo de marzo-abril 2025.

Bacterias detectadas	n	%
<i>Escherichia coli</i>	57	83.82%
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	11	16.18%
TOTAL	68	100%

Figura 10

Distribución de especies de enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas a partir de muestras de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).



La Tabla 6 y la Figura 10 exponen la distribución taxonómica de las enterobacterias resistentes a β -lactámicos recuperadas en el distrito de San Sebastián, evidenciando un marcado predominio de *Escherichia coli* con 57 aislamientos (83.82%), seguida por *Klebsiella pneumoniae* con 11 aislamientos (16.18%). Si bien esta predominancia de *Escherichia coli* es congruente con su rol biológico primario como componente mayoritario de la microbiota intestinal aeróbica en vertebrados, su elevada tasa de recuperación en medios con fuerte presión antimicrobiana resulta epidemiológicamente alarmante.

Por otro lado, la detección de *Klebsiella pneumoniae* en más del 15% de los aislados reviste una profunda relevancia clínica y ecológica, dado que una fracción significativa de estas cepas evidenció capacidad de proliferación en el medio suplementado con meropenem. Este fenotipo de resistencia a carbapenémicos subraya el potencial de este género para actuar como un "hiper-captador" de genes

de resistencia y virulencia, destacando su extraordinaria capacidad para la producción de carbapenemasas y BLEE en ambientes hostiles (Wang et al., 2020). Es importante destacar que el 84% de prevalencia de *Escherichia coli* de este estudio corresponden a cepas resistentes a cefalosporinas de tercera generación, lo cual representa un contraste al compararlo con investigaciones que evalúan únicamente la colonización general. A nivel nacional, García (2016) reportó en Huánuco un 97.33% de *Escherichia coli* en excretas de palomas urbanas, mientras que Puma et al., (2022) en Puerto Maldonado identificaron a esta especie como predominante en aves psitácidas (60%) y domésticas (84%). Aunque los resultados concuerdan numéricamente con estas altas tasas de prevalencia, demuestran una realidad más alarmante: una vasta proporción de estas poblaciones bacterianas en San Sebastián ya posee perfiles de resistencia crítica. A nivel internacional, la presencia de estas cepas de *Escherichia coli* refleja las tendencias de diseminación observadas por Sánchez (2019) en Nicaragua (64%) y Beleza et al. (2024) en la fauna silvestre de Brasil (26%).

Por otro lado, la presencia de *Klebsiella pneumoniae* en el 16% de los aislamientos guarda relación con lo reportado por Dementieieva et al. (2022) en aves de Ucrania, quienes registraron una prevalencia del 20% para aislamientos del género *Klebsiella* sp. Aunque su frecuencia es numéricamente menor frente a *Escherichia coli*, el hallazgo de *Klebsiella pneumoniae* es de extrema gravedad epidemiológica, dado que estas cepas fueron las que evidenciaron crecimiento en el medio suplementado con meropenem. Este fenotipo de resistencia a carbapenémicos confirma el potencial de este género para actuar como un "hiper-recuperador" de genes de resistencia y virulencia, incluyendo la producción de carbapenemasas y BLEE (Wang et al., 2020).

En los ecosistemas urbanos, la exposición continua a efluentes hospitalarios, aguas residuales y desechos domésticos propicia la selección de ambas especies, las cuales poseen una notable capacidad para el intercambio de plásmidos mediante la transferencia horizontal de genes. Esta dinámica confirma que las palomas se encuentran inmersas en un ciclo de retroalimentación donde el ambiente selecciona a los clones más resistentes, consolidando a estas aves sinantrópicas no solo como receptores pasivos de la contaminación antropogénica, sino como reservorios estratégicos y nodos en la red de diseminación mundial de la resistencia antimicrobiana (Aslantaş & Gövce, 2020; Freire et al., 2022).

3.2 Determinación de los perfiles de resistencia de las enterobacterias resistentes a β -lactámicos aisladas

3.2.1 Resistencia antimicrobiana de cepas de *Escherichia coli*

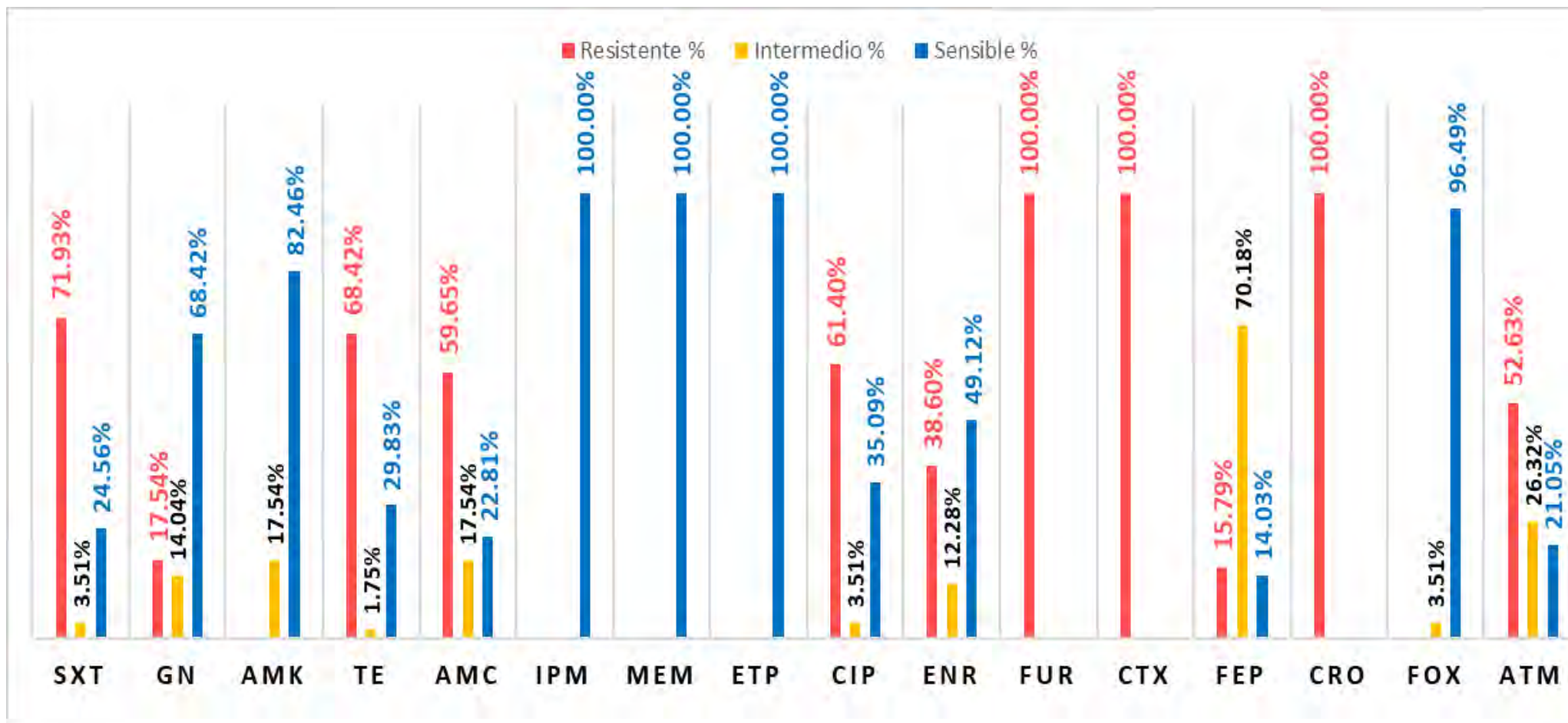
Tabla 7

Perfil de resistencia antimicrobiana de cepas de *Escherichia coli* aisladas de palomas (*Columba livia*).

Familia	Antibiótico	Resistente		Intermedio		Sensible	
		n	%	n	%	n	%
Sulfonamidas	Trimetoprima / Sulfametoxazol	41	71.93%	2	3.51%	14	24.56%
Aminoglucósidos	Gentamicina	10	17.54%	8	14.04%	39	68.42%
	Amikacina			10	17.54%	47	82.46%
Tetraciclinas	Tetraciclina	39	68.42%	1	1.75%	17	29.83%
Inhibidores de β-Lactámicos	Amoxicilina / Ácido clavulánico	34	59.65%	10	17.54%	13	22.81%
	Imipenem					57	100.00%
Carbapenémicos	Meropenem					57	100.00%
	Ertapenem					57	100.00%
Quinolonas (fluoroquinolona)	Ciprofloxacino	35	61.40%	2	3.51%	20	35.09%
	Enrofloxacin	22	38.60%	7	12.28%	28	49.12%
Cefalosporinas	Ceftiofur	57	100.00%				
	Cefotaxima	57	100.00%				
	Cefepime	9	15.79%	40	70.18%	8	14.03%
	Ceftriaxona	57	100.00%				
Cefamicinas	Cefoxitina			2	3.51%	55	96.49%
Monobactámicos	Aztreonam	30	52.63%	15	26.32%	12	21.05%

Figura 11

Perfil de susceptibilidad antimicrobiana de colonias de *Escherichia coli* aisladas de palomas (*Columba livia*).



Nota: **SXT:** Trimetoprima / Sulfametoxazol, **GN:** Gentamicina, **AMK:** Amikacina, **TE:** Tetraciclina, **AMC:** Amoxicilina / Acido clavulánico, **IPM:** Imipenem, **MEM:** Meropenem, **ETP:** Ertapenem, **CIP:** Ciprofloxacino, **ENR:** Enrofloxacin, **FUR:** Ceftiofur, **CTX:** Cefotaxima, **FEP:** Cefepime, **CRO:** Ceftriaxona, **FOX:** Cefoxitin y **ATM:** Aztreonam.

La Tabla 7 y la Figura 11 detallan el perfil de susceptibilidad antimicrobiana de los 57 aislamientos de *Escherichia coli*. El análisis reveló una resistencia absoluta (100%) frente a cefalosporinas de tercera generación (cefotaxima y ceftriaxona). Asimismo, se observó una alta frecuencia de resistencia frente a otras familias de antibióticos de importancia, incluyendo inhibidores de la síntesis de folatos (trimetoprima/sulfametoxazol, 71.93%), tetraciclinas (68.42%), fluoroquinolonas (ciprofloxacino, 61.40%) e inhibidores de β -lactamasas (amoxicilina/ácido clavulánico, 59.65%). Frente al monobactámico aztreonam presentaron una resistencia del 52.63% y un 26.32% de categorización intermedia.

En marcado contraste, la totalidad de las cepas (100%) conservó su sensibilidad frente a los carbapenémicos (imipenem, meropenem y ertapenem). Este perfil favorable también se extendió a la cefamicina cefoxitina (96.49% de sensibilidad) y a los aminoglucósidos, donde la amikacina y la gentamicina mostraron tasas de sensibilidad del 82.46% y 68.42%, respectivamente. Este patrón de multirresistencia, caracterizado por la resistencia a cefalosporinas indicadoras de tercera generación (Cefotaxima, ceftriaxona y ceftaxidima) frente a la sensibilidad a carbapenémicos (Meropenem, Ertapenem e Imipenem) y cefamicinas (Cefoxitina), constituye el fenotipo clásico compatible con la producción de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) (CLSI, 2025).

Este comportamiento coincide con la literatura epidemiológica reciente bajo el enfoque de la OMS, la cual advierte sobre la rápida y silenciosa expansión de estas enzimas en reservorios ambientales y de fauna sinantrópica, lo que compromete severamente la eficacia de las cefalosporinas como primera línea de defensa en la medicina humana (Despotovic et al., 2023). Al contrastar estos hallazgos con los antecedentes, los resultados guardan una preocupante similitud con lo reportado por

Sánchez (2019), quien documentó en palomas una resistencia del 100% a cefalosporinas de amplio espectro en cepas de *Escherichia coli*. Sin embargo, a diferencia de dicho estudio que halló un 32% de resistencia a carbapenémicos y un 27% a cefamicinas, los aislamientos de *Escherichia coli* mantuvieron una sensibilidad total a estos últimos grupos farmacológicos.

De forma similar, la alta carga de resistencia observada concuerda con investigaciones internacionales; Nelly et al. (2024) describieron en Camerún una resistencia a ampicilina del 88.3% en *Escherichia coli* de aves de corral, mientras que Beleza et al. (2024), identificaron perfiles multidrogorresistentes en aves silvestres brasileñas. En conjunto, los hallazgos (con una tasa de resistencia del 100% a cefalosporinas de tercera generación en un tamaño muestral robusto de 57 aislados) refuerzan la premisa de que *Escherichia coli* en palomas urbanas de la región constituye un reservorio primario y masivo de genes de resistencia BLEE, consolidando a estas aves como bioindicadores de la contaminación ambiental en contextos urbanos latinoamericanos.

3.2.2 Resistencia antimicrobiana de cepas de *Klebsiella pneumoniae*

Tabla 8

Perfil de resistencia antimicrobiana de cepas de *Klebsiella pneumoniae* aisladas de palomas (*Columba livia*).

Familia	Antibiótico	Resistente		Intermedio		Sensible	
		n	%	n	%	n	%
Sulfonamidas	Trimetoprima / Sulfametoxazol	11	100.00%				
Aminoglucósidos	Gentamicina					11	100.00%
	Amikacina	10	90.91%	1	9.09%		
Tetraciclinas	Tetraciclina					11	100.00%
Inhibidores de β-Láctámicos	Amoxicilina / Ácido clavulánico	11	100.00%				
	Imipenem	11	100.00%				
Carbapenémicos	Meropenem	11	100.00%				
	Ertapenem	11	100.00%				
Quinolonas (fluoroquinolona)	Ciprofloxacino	11	100.00%				
	Enrofloxacin	11	100.00%				
Cefalosporinas	Ceftiofur	11	100.00%				
	Cefotaxima	11	100.00%				
	Cefepime	11	100.00%				
	Ceftriaxona	11	100.00%				
	Cefepime	11	100.00%				
Cefamicinas	Cefepime	11	100.00%				
Monobactámicos	Aztreonam	11	100.00%				

La Tabla 8 detalla el perfil de resistencia antimicrobiana de las 11 cepas de *Klebsiella pneumoniae* recuperadas a partir de los hisopados cloacales. El análisis evidenció una preocupante resistencia a β-lactámicos. El 100% de los aislados mostró resistencia a la gran mayoría de los antimicrobianos evaluados, abarcando β-lactámicos de amplio espectro asociados a inhibidores de β-lactamasas (amoxicilina/ácido clavulánico), cefalosporinas de distintas generaciones (cefotaxima, ceftriaxona, cefepime), cefamicinas (cefotaxima), monobactámicos (aztreonam), carbapenémicos (imipenem, meropenem, ertapenem), fluoroquinolonas (ciprofloxacino, enrofloxacin), así como a trimetoprima/sulfametoxazol.

Las únicas opciones terapéuticas que conservaron una eficacia *in vitro* del 100% fueron la gentamicina y la tetraciclina. Por su parte, la amikacina presentó un perfil

de susceptibilidad marcadamente reducido, con un 90.91% de resistencia y un 9.09% de categorización intermedia. Este patrón de multirresistencia extrema es perfectamente coherente con la detección fenotípica de carbapenemasas tipo KPC en casi la totalidad de estos aislados.

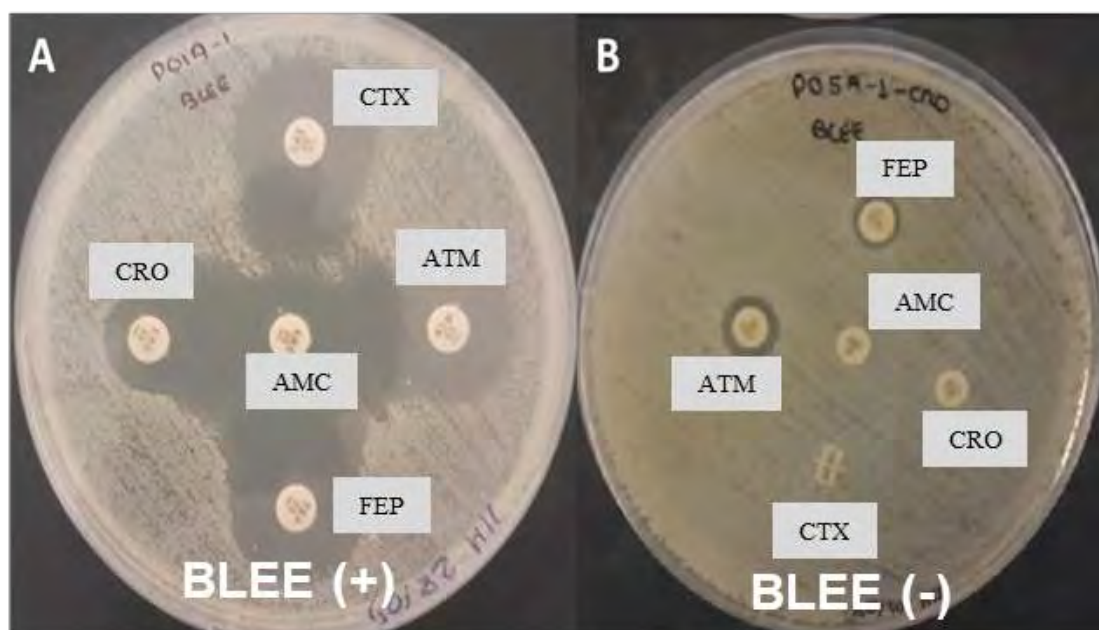
La gravedad de estos hallazgos radica en que estas bacterias, portadoras de mecanismos de resistencia, fueron recuperadas de hospedadores aparentemente sanos y adaptados al entorno urbano. Esto sugiere de manera contundente que las palomas (*Columba livia*) están actuando como reservorios activos y silenciosos de *Klebsiella pneumoniae* resistentes a β -lactámicos fuera del ámbito estrictamente nosocomial. El hallazgo de un 100% de resistencia a carbapenémicos subraya un salto epidemiológico alarmante; tradicionalmente confinadas a brotes intrahospitalarios y fracasos terapéuticos, la presencia de estas enzimas en la microbiota de aves urbanas evidencia que estos determinantes genéticos han trascendido las barreras clínicas. Estos resultados se alinean con la literatura científica reciente bajo el enfoque de la OMS, la cual advierte sobre la preocupante diseminación mundial de *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas hacia reservorios ambientales (Wang et al., 2023). En este contexto, las palomas no solo son víctimas de la contaminación ambiental por aguas residuales humanas, sino que se consolidan como vectores biológicos capaces de mantener y recircular activamente patógenos de prioridad crítica dentro del ecosistema urbano (Quintelas et al., 2024).

3.3 Confirmación fenotípica de mecanismos de resistencia, β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas

Las 68 cepas de enterobacterias que presentaron resistencia a β -lactámicos en el tamizaje inicial fueron sometidas a pruebas de confirmación fenotípica. La identificación de la producción de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) se llevó a cabo mediante el método de aproximación de discos (prueba de sinergia de doble disco de Jarlier) (Figura 12). Por otro lado, la detección de carbapenemasas se realizó a través de pruebas de sinergia empleando discos combinados: se utilizó ácido borónico para la identificación de serinocarbapenemasas (clase A, tipo KPC) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para la detección de metalobetalactamasas (clase B, tipo MBL) (Figura 13).

Figura 12

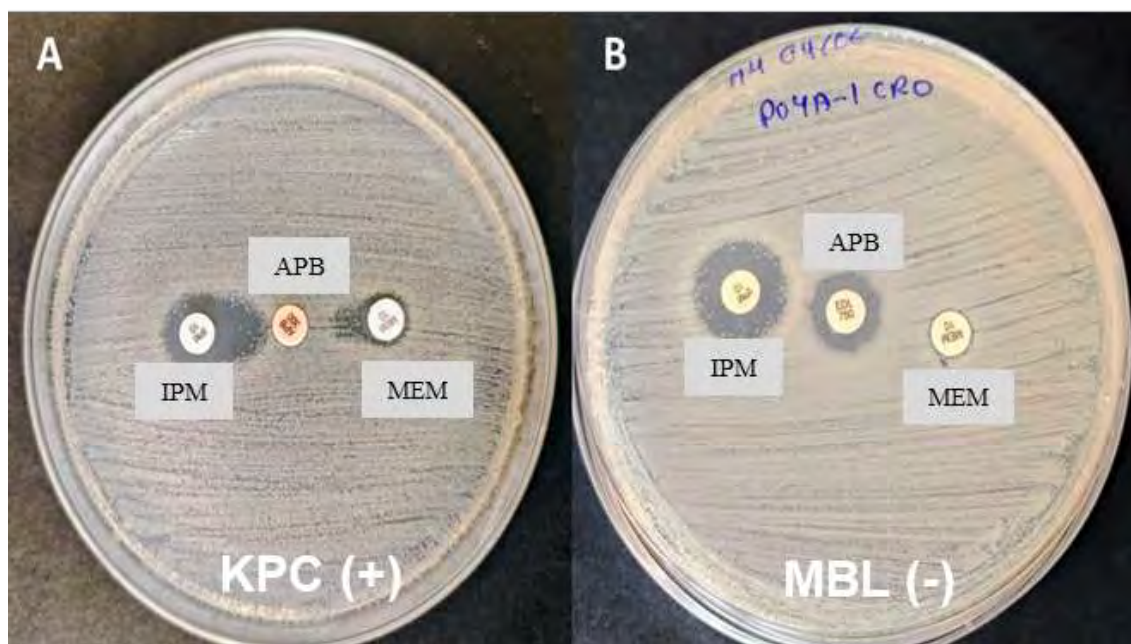
Confirmación fenotípica para β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) en las cepas aisladas a partir de palomas (*Columba livia*).



Nota: **A:** Prueba positiva para la confirmación de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE +) en una cepa de *Escherichia coli*, se observa el efecto de sinergia (“Cola de pescado o Huevo”) entre la amoxicilina/ácido clavulánico y las cefalosporinas de tercera generación. **B:** Prueba negativa para la confirmación de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE -) en una cepa de *Klebsiella pneumoniae*.

Figura 13

Pruebas fenotípicas confirmatorias para la detección de carbapenemasas mediante el uso de inhibidores específicos (ácido borónico y EDTA).



A: Confirmación fenotípica positiva para la presencia de carbapenemasas de tipo KPC correspondiente a *Klebsiella pneumoniae*, **B:** Confirmación fenotípica negativa para la presencia de carbapenemasas de tipo MBL correspondiente a *Klebsiella pneumoniae*.

3.3.1 Distribución de la confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de *Escherichia coli* aisladas de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

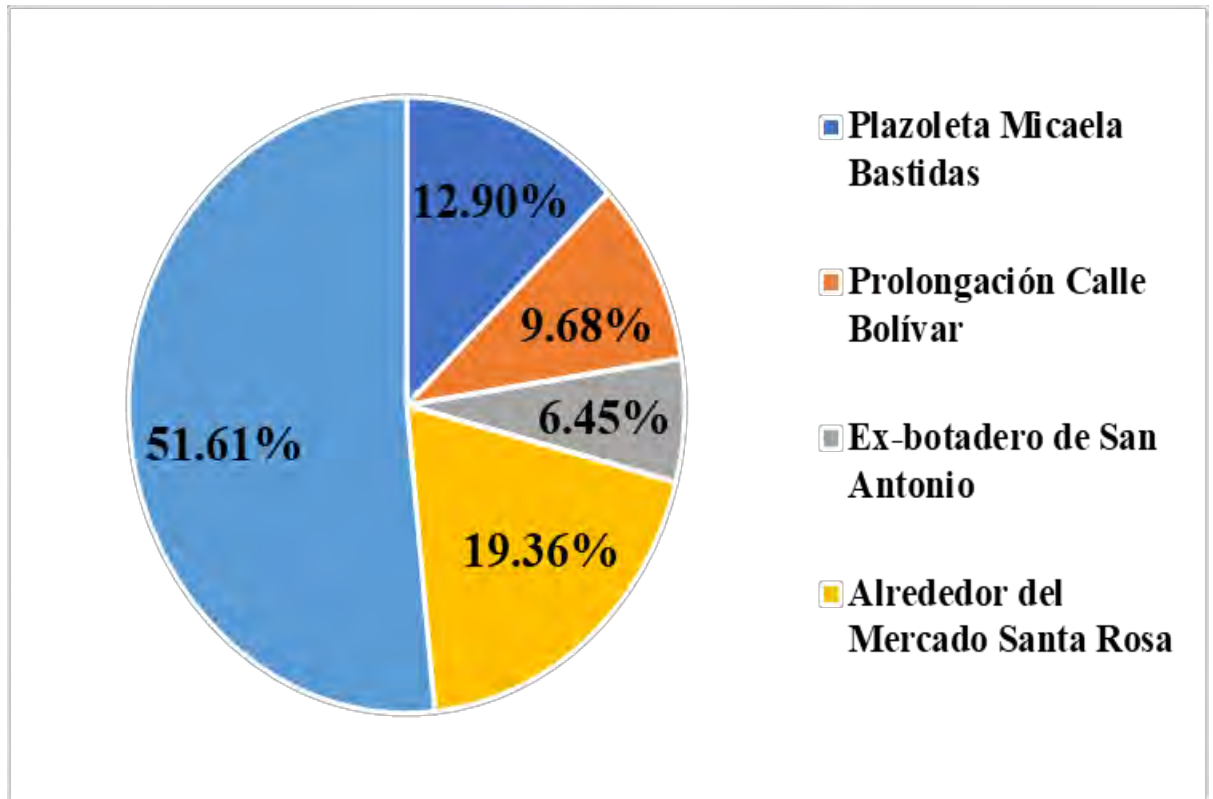
Tabla 9

Distribución de la confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de *Escherichia coli* aisladas de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

Punto de muestreo		N° de cepas	BLEE (+)		KPC (+)	
			n	%	n	%
Punto A	Plazoleta Micaela Bastidas	11	4	12.90%		
Punto B	Prolongación Calle Bolívar	8	3	9.68%		
Punto C	Ex-botadero de San Antonio	13	2	6.45%		
Punto D	Alrededor del Mercado Santa Rosa	9	6	19.36%		
Punto E	Alrededor del Mercado Virgen del Carmen	16	16	51.61%		
TOTAL		57	31	100%	0	0.00%

Figura 14

Distribución de la confirmación fenotípica de número de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) en cepas de *Escherichia coli* aisladas de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastian.



La Tabla 9 y la Figura 14 evidencian que, de las 57 cepas de *Escherichia coli* aisladas de palomas, 54.38 % (31/57) presentaron un fenotipo positivo para la producción de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), sin detectarse la presencia de fenotipos productores de carbapenemasas tipo KPC o MBL.

La distribución espacial de estos 31 aislamientos positivos para BLEE se concentró predominantemente en los alrededores del Mercado Virgen del Carmen (Punto E), el cual agrupó el 51.61% (16/31) de las cepas, seguido por el entorno del Mercado Santa Rosa (Punto D) con un 19.36% (6/31) y la Plazoleta Micaela Bastidas (Punto A) con un 12.90% (4/31). Por el contrario, las menores proporciones de cepas productoras de BLEE se registraron en la Prolongación Calle Bolívar (Punto B) y en el ex-botadero de San Antonio (Punto C), con un 9.68% (3/31) y un 6.45% (2/31), respectivamente.

Este marcado patrón de distribución sugiere que los ambientes urbanos con una alta carga de residuos orgánicos particularmente los mercados podrían estar actuando como "puntos calientes" (*hotspots*) para la selección y el mantenimiento de cepas de *Escherichia coli* productoras de BLEE. Esta dinámica está en plena concordancia con diversos estudios que señalan la importancia epidemiológica de las aguas residuales, los suelos contaminados y los vertederos como reservorios de enterobacterias multidrogorresistentes en la fauna silvestre y sinantrópica (Beleza et al., 2024; Dementieieva et al., 2022; Rybak et al., 2022).

Asimismo, la ausencia absoluta de enzimas KPC o MBL en los aislamientos de *Escherichia coli* coincide con las tendencias epidemiológicas descritas actualmente para la avifauna urbana. Diversos estudios en palomas (*Columba livia*) y otras aves silvestres demuestran que, si bien estas especies actúan como diseminadores eficientes de enterobacterias, la resistencia en *Escherichia coli* aviar está mediada de forma casi exclusiva por enzimas tipo BLEE (principalmente variantes CTX-M), siendo excepcional la detección de carbapenemasas en esta especie (Freire et al., 2022).

Por otro lado, la colonización por cepas productoras de carbapenemasas sigue estando fuertemente restringida al género *Klebsiella*, mientras que *Escherichia coli* se consolida como el principal reservorio silvestre de enzimas tipo BLEE (Mbuthia et al., 2025). Esta dicotomía fenotípica observada en las aves urbanas refleja con precisión la dinámica de la contaminación ambiental, donde distintos géneros bacterianos adoptan vías evolutivas y genéticas divergentes para sobrevivir y proliferar ante la intensa presión antimicrobiana del entorno.

3.3.2 Distribución de la confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de *Klebsiella pneumoniae* aisladas de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

Tabla 10

Determinación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de *Klebsiella pneumoniae* aisladas de palomas en el distrito de San Sebastián.

Punto de Muestreo	Nº	BLEE (+)		KPC (+)	
		n	%	n	%
Plazoleta Micaela Bastidas	11		0%	11	100%
TOTAL	11	0	0%	11	100%

En la Tabla 10 se observa un escenario distinto y epidemiológicamente relevante para *Klebsiella pneumoniae*. Se aislaron 11 cepas, todas provenientes de un único punto de muestreo: la Plazoleta Micaela Bastidas. El análisis reveló que ninguna de estas cepas (0%) presentó un fenotipo productor de BLEE; sin embargo, la totalidad de los aislamientos (100%) resultó positivo para la producción de carbapenemasas tipo KPC.

La concentración exclusiva de *Klebsiella pneumoniae* productora de KPC en este punto de muestreo indica la existencia de un foco puntual de circulación de cepas altamente resistentes. Dado que la Plazoleta Micaela Bastidas se ubica en las inmediaciones de un centro hospitalario, es altamente plausible que la presión antimicrobiana propia del entorno sanitario, sumada a la eventual descarga de efluentes o a la manipulación de residuos, esté propiciando el establecimiento de poblaciones bacterianas portadoras de KPC en el ambiente extrahospitalario.

Esto coincide con reportes epidemiológicos recientes bajo el enfoque de la OMS, los cuales demuestran de manera genómica y fenotípica que los efluentes hospitalarios actúan como la vía principal para la dispersión de *Klebsiella pneumoniae* productora de KPC hacia los ecosistemas urbanos (Zagui et al., 2025). Asimismo, estudios en la

región confirman que las redes de alcantarillado y los vertidos nosocomiales son reservorios claves que facilitan el traslado incesante de enterobacterias con resistencia a carbapenémicos desde el ámbito clínico hacia el medio ambiente abierto, colonizando fuentes de agua y la fauna silvestre o sinantrópica que interactúa con ellas (Gonçalves et al., 2024).

Este hallazgo cobra especial relevancia al considerar la ecología de las palomas urbanas (*Columba livia*). Estas aves presentan un comportamiento caracterizado por una alta fidelidad a sitios específicos de alimentación y descanso, así como un rango de desplazamiento territorial muy limitado. Aunque no son estrictamente territoriales, este comportamiento espacial genera subpoblaciones que reflejan de manera muy fiel las condiciones sanitarias de su entorno inmediato (Farfán et al., 2022). Por lo tanto, la detección localizada de *Klebsiella pneumoniae* con fenotipo KPC subraya el rol de estas aves no solo como reservorios, sino como bioindicadores de alta precisión para mapear la fuga de patógenos de interés desde entornos nosocomiales hacia el espacio público urbano.

3.3.3 Confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido y carbapenemasas en cepas de *Escherichia coli*.

Tabla 11

Resultados de pruebas fenotípicas de detección de mecanismos de resistencia en *Escherichia coli* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).

Prueba	Positivo		Negativo	
	n	%	n	%
BLEE	31	54.40%	26	45.60%
MBL		0.00%	57	100.00%
KPC		0.00%	57	100.00%

La Tabla 11 detalla los resultados de las pruebas fenotípicas específicas para la confirmación de mecanismos enzimáticos de resistencia en los 57 aislamientos de *Escherichia coli*. El 54.40% (31/57) de las cepas resultó positivo para la producción de BLEE, mientras que la totalidad de los aislamientos (100%) fue negativa para la producción de metalobetalactamasas (prueba con EDTA) y carbapenemasas tipo KPC. Estos datos de laboratorio son plenamente coherentes con el perfil de resistencia observado previamente (Tabla 7), donde se evidenció una resistencia universal a cefotaxima y ceftriaxona, acompañada de una conservación absoluta de la sensibilidad frente a los carbapenémicos.

La alta frecuencia de fenotipos BLEE en *Escherichia coli* aislada de palomas concuerda con lo reportado por Sánchez (2019) en la ciudad de León (Nicaragua), quien encontró que más de la mitad de las enterobacterias provenientes de estas aves eran productoras de BLEE, alcanzando una prevalencia del 59% (13/22). Este hallazgo refuerza la noción ecológica de que las aves urbanas participan activamente en la circulación comunitaria de estos mecanismos de resistencia.

En conjunto, la integración de los perfiles de susceptibilidad y las pruebas fenotípicas confirmatorias demuestra que, en las enterobacterias aisladas de palomas en el área

de estudio, coexisten dos escenarios de altísimo riesgo epidemiológico: *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas tipo KPC y *Escherichia coli* productora de BLEE. Ambos fenotipos de resistencia han sido clasificados recientemente en la categoría de «Prioridad Crítica» dentro de la Lista de Patógenos Bacterianos Prioritarios actualizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024). Esta catalogación de urgencia mundial responde a la asociación directa de estos mecanismos con el fracaso terapéutico clínico empírico, el incremento de la mortalidad intrahospitalaria y la consecuente necesidad de recurrir a antibióticos de última línea, alertando además sobre el grave riesgo que representa la fuga y establecimiento de estos patógenos de interés en la comunidad y los ecosistemas urbanos (Sati et al., 2025; Zanon et al., 2024).

3.3.4 Confirmación fenotípica de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas en cepas de *Klebsiella pneumoniae*.

Tabla 12

Resultados de pruebas fenotípicas de detección de mecanismos de resistencia en *Klebsiella pneumoniae* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) – San Sebastián, Cusco, 2025.

Prueba	Positivo		Negativo	
	n	%	n	%
BLEE			11	100.00%
MBL			11	100.00%
KPC	11	100.00%		

La Tabla 12 se exponen los resultados de las pruebas fenotípicas específicas para la confirmación de mecanismos enzimáticos de resistencia en los 11 aislamientos de *Klebsiella pneumoniae*. El análisis reveló de manera categórica que ninguna de las cepas (0%) presentó producción de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) ni de metalobetalactamasas (confirmado mediante la prueba de inhibición con EDTA). Por el contrario, la totalidad de los aislamientos (100%) resultó positivo para la

producción de carbapenemasas tipo KPC, evidenciado por la prueba de sinergia con ácido borónico.

Este resultado explica de manera concluyente el patrón de resistencia extrema a los carbapenémicos detallado previamente en los perfiles de susceptibilidad, confirmando que la pérdida de eficacia de estos antibióticos de último recurso está mediada por un mecanismo enzimático específico (carbapenemasas de clase A). Al analizar este hallazgo en conjunto con la Tabla 8, se observa un escenario epidemiológicamente alarmante: las 11 cepas productoras de KPC provienen exclusivamente de un único punto de muestreo, la Plazoleta Micaela Bastidas.

La detección universal de KPC en las cepas de *Klebsiella pneumoniae* aisladas de palomas urbanas constituye un hallazgo epidemiológico de gran relevancia. Este fenómeno sitúa a estas aves no solo como centinelas ambientales, sino como posibles reservorios y vectores activos de carbapenemasas que clásicamente han estado restringidas a entornos hospitalarios (Davin-Regli et al., 2019; Nordmann & Poirel, 2014), pero que en la actualidad evidencian una preocupante diseminación hacia el ecosistema abierto a través de efluentes y residuos sanitarios (Gonçalves et al., 2024; Zagui et al., 2025).

3.4 Determinación fenotípica de factores de virulencia en enterobacterias

Las 68 cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos fueron sometidas a pruebas fenotípicas para determinar la presencia de factores de virulencia. La capacidad de producción de hemólisis se evaluó mediante la observación de halos de lisis en agar sangre de carnero al 5% utilizando como controles cepas *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (α -hemolítico) y *Streptococcus spp* (β -hemolítico); asimismo, la prueba de hipermucoviscosidad (*string test* o prueba del hilo) se realizó utilizando las colonias desarrolladas en este mismo medio. La producción de proteasas (caseína) se determinó

en agar leche al 1%, evidenciándose por la formación de halos de hidrólisis alrededor de las colonias como control positivo se utilizó una cepa *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Por su parte, la hidrólisis de gelatina (producción de gelatinasa) se observó en medio con gelatina al 3% y el revelado de la lisis se realizó con una solución ácida de cloruro de mercurio, y la producción de lipasas se evaluó empleando agar suplementado con Tween 80 utilizando como control positivo para ambas pruebas la cepa de *Pseudomonas fluorescens* ATCC 13525.

3.4.1 Determinación fenotípica de factores de virulencia en *Escherichia coli*.

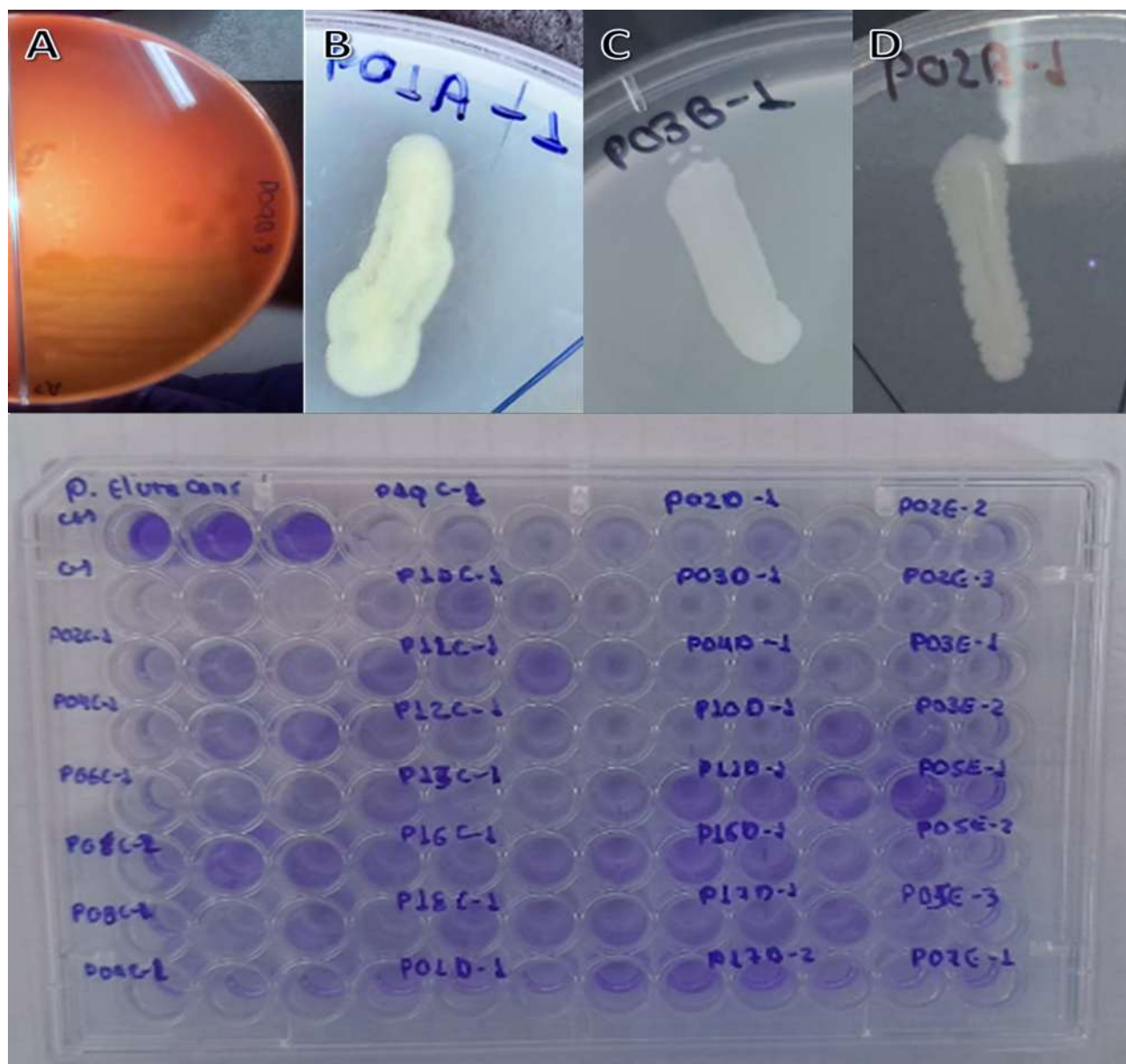
Tabla 13

Resultados de pruebas de factores de virulencia en *Escherichia coli* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) – San Sebastián, Cusco, 2025.

Factor de virulencia	n=57	Porcentaje (%)
Hemolisis		
Negativo	57	100.00%
Positivo		
Hipermucosidad		
Negativo	57	100.00%
Positivo		
Proteasas (Caseína)		
Negativo	20	35.09%
Positivo	37	64.91%
Gelatina		
Negativo	57	100.00%
Positivo		
Lipasas (Tween 80°)		
Negativo	57	100.00%
Positivo		
Biofilm		
No adherente	31	54.39%
Débilmente adherente	22	38.60%
Moderadamente adherente	4	7.01%

Figura 15

Resultados de pruebas de factores de virulencia en *Escherichia coli* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) – San Sebastián, Cusco, 2025



Nota: La figura 15 muestra los resultados de las pruebas de factores de virulencia en *Escherichia coli* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*). **A:** Resultado negativo para hemólisis. **B:** Resultado Positivo para hidrólisis de caseína, **C:** Resultado negativo para hidrólisis de gelatina, **D:** Resultado Negativo para hidrólisis de lipasas y **E:** Resultados de la formación de Biofilm en placas de cultivo celular.

La Tabla 13 y Figura 15 expone el perfil de virulencia de los 57 aislamientos de *Escherichia coli*. Al igual que en *Klebsiella pneumoniae*, el 100% de las cepas de *Escherichia coli* resultó negativo para la determinación de hemólisis, hipermucosidad, gelatinasas y lipasas. Sin embargo, se observó una diferencia

drástica en la capacidad proteolítica: el 64.91% (37/57) de los aislamientos fue positivo para la producción de caseinasas. Respecto a la adherencia, el 45.61% de las cepas evidenció capacidad formadora de biopelículas (38.60% de forma débil y 7.01% de forma moderada), mientras que el 54.39% (31/57) fue no adherente.

Este perfil fenotípico indica que, aunque la mayoría de las cepas de *Escherichia coli* no desarrolla biopelículas muy robustas bajo las condiciones ensayadas, una proporción no despreciable presenta una capacidad de adhesión débil o moderada. Esta característica podría ser suficiente para favorecer la colonización de mucosas o la persistencia en superficies inertes del ambiente urbano (Hussain et al., 2019). Asimismo, la producción de proteasas sugiere un importante potencial patogénico para degradar tejidos del hospedero, evadir respuestas inmunológicas locales y facilitar la invasión celular. Esta característica, sumada a la capacidad de formar biopelículas para asegurar la colonización de mucosas o superficies inertes del ambiente urbano, concuerda con lo descrito para ciertos patotipos de *Escherichia coli* que expresan factores de virulencia para asegurar su éxito biológico (Terlizzi et al., 2017).

Al integrar estos resultados fenotípicos con los perfiles de resistencia, se evidencia de manera contundente que las cepas de *Escherichia coli* aisladas de palomas urbanas combinan mecanismos de resistencia a antibióticos de altísimo impacto clínico (fenotipo BLEE) con factores de virulencia clínicamente relevantes (proteasas y biopelículas). Este perfil es consistente con el comportamiento biológico de esta enterobacteria como patógeno oportunista, capaz de desencadenar infecciones severas cuando el hospedero, humano o animal, presenta condiciones de vulnerabilidad inmunológica (Nordmann & Poirel, 2014; Terlizzi et al., 2017).

Investigaciones recientes llevadas a cabo en aves silvestres y mensajeras también han reportado la presencia de enterobacterias con perfiles superpuestos de alta resistencia

y factores de virulencia activos (Beleza et al., 2024; Dolka et al., 2020). La convergencia de estos dos elementos (virulencia patogénica y extrema resistencia) en los aislamientos consolida la premisa fundamental de esta investigación: las aves sinantrópicas, y en particular *Columba livia*, constituyen un eslabón epidemiológico clave en la diseminación ambiental de bacterias con un claro y alarmante potencial zoonótico en entornos urbanos.

3.4.2 Determinación fenotípica de factores de virulencia en *Klebsiella pneumoniae*.

Tabla 14

Resultados de pruebas de factores de virulencia en *Klebsiella pneumoniae* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).

Factor de virulencia		n=11	Porcentaje (%)
Hemolisis			
	Negativo	11	100.00%
	Positivo		
Hipermucosidad			
	Negativo	11	100.00%
	Positivo		
Proteasas (Caseína)			
	Negativo	10	90.91%
	Positivo	1	9.09%
Gelatina			
	Negativo	11	100.00%
	Positivo		
Lipasas (Tween 80°)			
	Negativo	11	100.00%
	Positivo		
Biofilm			
	No adherente	4	36.36%
	Débilmente adherente	5	45.46%
	Moderadamente adherente	2	18.18%

Figura 16.

Resultados de pruebas de factores de virulencia en *Klebsiella pneumoniae* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*).



Nota: La figura 16 muestra los resultados de las pruebas de factores de virulencia en *Klebsiella pneumoniae* aisladas de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*). **A:** Resultado negativo para hemólisis, **B:** Resultado Positivo para hidrólisis de caseína, **C:** Resultado negativo para hidrólisis de gelatina, **D:** Resultado Negativo para hidrólisis de lipasas y **E:** Resultados de la formación de Biofilm en placas de cultivo celular.

La Tabla 14 y Figura 16 detalla los resultados de las pruebas de factores de virulencia en los 11 aislamientos de *Klebsiella pneumoniae* productores de carbapenemasas tipo KPC. Los resultados muestran que, a pesar de su altísimo perfil de resistencia antimicrobiana, su expresión fenotípica de virulencia *in vitro* es relativamente discreta. La totalidad de las cepas (100%) resultó negativa para la prueba de

hipermucosidad, actividad hemolítica, degradación de gelatina y producción de lipasas. Únicamente un aislamiento (9.09%) evidenció producción de caseinasas.

Esta ausencia de hipermucoviscosidad y de actividad hemolítica aleja a estas cepas del fenotipo hipervirulento clásicamente descrito en algunas variantes de *Klebsiella pneumoniae* asociadas a infecciones invasivas graves en humanos (Wang et al., 2020). No obstante, en cuanto a la capacidad de adherencia, se observó que la mayoría de los aislados sí es capaz de formar biopelículas: el 45.46% (5/11) mostró un fenotipo débilmente adherente y el 18.18% (2/11) presentó una adherencia moderada, frente a un 36.36% (4/11) no adherente. La capacidad de formar biopelículas, incluso de forma débil o moderada, constituye un factor ecológico sumamente relevante, ya que esta característica favorece de manera directa la persistencia ambiental y la tolerancia a condiciones adversas, incluyendo antimicrobianos y desinfectantes (Hussain et al., 2019).

Al contrastar estos datos con la literatura, donde se destaca la importancia de la cápsula polisacáridica, los sideróforos y la formación de biopelículas en la patogenia de *Klebsiella pneumoniae* (Terlizzi et al., 2017; Wang et al., 2020), los hallazgos del presente estudio evidencian la circulación de cepas con una virulencia moderada, pero fuertemente equipadas en términos de resistencia a fármacos de último recurso. Esta combinación alta resistencia acoplada a una virulencia no extrema, pero biológicamente suficiente para colonizar y persistir configura un escenario epidemiológico sumamente preocupante. Dicho perfil facilita la supervivencia prolongada de la bacteria en el ambiente urbano y potencia su rol como plataforma activa para la transferencia horizontal de genes de resistencia hacia otras especies bacterianas, dinamizando el intercambio genético en la interfaz humano-animal-medio ambiente.

CONCLUSIONES

1. En 96 palomas (*Columba livia*) del distrito de San Sebastian – Cusco-2025, se realizaron hisopados cloacales, donde el 53.04% (51/96) fueron portadoras de enterobacterias con resistencia a β -lactámicos y capacidad de producir factores de virulencia.
2. De los 51 cultivos positivos se logró aislar 68 cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos, 83.82 % (57/68) como *Escherichia coli* y 16.18 % (11/68) como *Klebsiella pneumoniae* con resistencia a β -lactámicos.
3. El perfil de resistencia antimicrobiana determinó que las cepas *Escherichia coli* presentaron una resistencia del 100% a cefalosporinas de tercera y cuarta generación (ceftiofur, cefotaxima y ceftriaxona), con una sensibilidad del 100 % frente carbapenémicos (imipenem, meropenem y ertapenem); las cepas de *Klebsiella pneumoniae* presentaron una resistencia del 100 % a cefalosporinas (ceftiofur, cefotaxima, ceftriaxona, cefepime y cefoxitina), monobactámicos (aztreonam) y carbapenémicos (imipenem, meropenem y ertapenem), con una sensibilidad al 100% a gentamicina y tetraciclina.
4. Las pruebas fenotípicas de confirmación (Jarlier) para β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), se confirmó en *Escherichia coli* la presencia de este fenotipo de resistencia en el 54.40 % (31/57) y en *Klebsiella pneumoniae* en el 0%. La detección de las enzimas carbapenemasas tipo KPC en *Klebsiella pneumoniae* se confirmó en el 100% (11/11) de las cepas y no se observó la presencia de las metalobetalactamasas (MBL).
5. La determinación fenotípica de los factores de virulencia demostró que en *Escherichia coli* el 64.91 % (37/57) y en *Klebsiella pneumoniae* el 9.09 % (1/11) presentaron producción de caseinasas; La capacidad de formación de biofilm (biopelículas) en grado débil o moderado, se determinó en *Escherichia coli* en el 45.61% y en *Klebsiella*

pneumoniae en el 63.64%. Ninguna de las cepas evidenció actividad hemolítica, producción de lipasas, gelatinasas ni el fenotipo de hipermucoviscosidad.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el alcance de futuras investigaciones mediante el incremento del número de puntos de muestreo y la inclusión de diferentes estaciones del año. Asimismo, se recomienda la incorporación de técnicas moleculares avanzadas (como la secuenciación del gen ARNr 16S) para lograr una identificación taxonómica definitiva de aislamientos indeterminados y caracterizar con mayor precisión la diversidad de la microbiota intestinal en *Columba livia*.
- Realizar estudios complementarios de biología molecular para la detección genotípica de β -lactamasas (especialmente de las familias *bla*_{CTX-M}, *bla*_{SHV}, *bla*_{TEM} y *bla*_{KPC}). Esto permitirá confirmar los mecanismos de resistencia fenotípicos observados en el presente estudio y aportará evidencia científica robusta para alimentar las redes nacionales de vigilancia de la resistencia antimicrobiana.
- Profundizar en la caracterización de los factores de virulencia mediante técnicas genotípicas, evaluando su asociación estadística con los perfiles de resistencia hallados. Esta integración de datos permitirá comprender mejor el potencial patogénico de las cepas circulantes y su capacidad de causar infecciones zoonóticas en poblaciones humanas vulnerables.
- Integrar los hallazgos de resistencia de este estudio en los planes regionales de uso racional de antimicrobianos. Es fundamental sensibilizar a los profesionales de la medicina humana y veterinaria sobre la presencia de enterobacterias multidrogorresistentes en el entorno urbano, promoviendo la restricción en el uso de antibióticos de importancia crítica para evitar una mayor presión selectiva de cepas resistentes.
- Incitar a las autoridades municipales a implementar medidas integrales de manejo y control de la población de palomas, así como protocolos rigurosos de limpieza y

desinfección de espacios públicos. Estas acciones son esenciales para reducir la carga de enterobacterias potencialmente patógenas en el ambiente y mitigar el riesgo de dispersión de patógenos multidrogorresistentes en el distrito de San Sebastián.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abbas, R., Chakkour, M., Zein El Dine, H., Obaseki, E. F., Obeid, S. T., Jezzini, A., . . . & Ezzeddine, Z. (2024). General Overview of Klebsiella pneumonia: Epidemiology and the Role of Siderophores in Its Pathogenicity. *Biology*, 13(2), 78. <https://doi.org/10.3390/biology13020078>
2. Arizaga, J., Esparza, X., & Carrascal, L. M. (2023). Population size and factors influencing the distribution of the urban pigeon *Columba livia* f. domestica in Pamplona. *Revista Catalana d'Ornitologia*, 39, 29-40. <https://doi.org/10.62102/2340-3764.2023.1.4>
3. Arteaga, M., Asmat, I., León, D., & Falcón, N. (2023). Percepciones acerca de la presencia de palomas en espacios públicos y su importancia en la salud pública en un distrito de Lima, Perú. *Rev Inv Vet Perú*, 34(1), 1-10. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.23120>
4. Aslantaş, Ö., & Gövce, N. (2020). Investigation of antimicrobial resistance in pigeons (*Columba livia* domestica) using indicator bacteria. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(2), 2095-2106. <https://doi.org/10.12681/jhvms.23632>
5. Bagua Paguay, O. E. (2020). *Detección de Salmonella sp. en heces de palomas como transmisor de infecciones en muestras obtenidas de plazas y parques de Riobamba*. <https://doi.org/http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6638>
6. Baldaccini, N. E. (2020). The synanthropic status of wild rock doves (*Columba livia*) and their contribution to feral pigeon populations. *Rivista Italiana Di Ornitologia*, 90(1), 51-56. <https://doi.org/10.4081/rio.2020.479>
7. Bansal, S., Bhayani, D. M., & Meel, O. (2023). Histology, micrometry and histochemistry of proventriculus of pigeon (*Columba livia* domestica). *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 8(4), 25-29.

8. Baptista, L. F., Trail, P. W., Horblit, H. M., & Boesman, P. F. (2017). Rock dove (*Columba livia*). *Lynx Edicions*.
9. Baral, S. K., Dangol, G., Manandhar, K. D., & Poudel, P. (2024). Characterization of Virulence Factors in Multidrug-Resistant *Escherichia coli* Isolated from Intestinal and Extra-Intestinal Clinical Samples. *Journal of Manmohan Memorial Institute of Health Sciences*, 9(2), 13-18. <https://doi.org/10.3126/jmmihs.v9i2.71802>
10. Bastidas-Caldes, C., de Waard, J. H., Salgado, M. S., Villacís, M. J., Coral-Almeida, M., Yamamoto, Y., & Calvopiña, M. (2022). Worldwide Prevalence of mcr-mediated Colistin-Resistance *Escherichia coli* in Isolates of Clinical Samples, Healthy Humans, and Livestock-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(6), 659. <https://doi.org/10.3390/pathogens11060659>
11. Belez, A. J., Maciel, W., Carreira, A., Marques, A., Lima, B., Nogueira, C., . . . Vasconcelos, R. H. (2024). Wild Birds as Reservoirs of Multidrug-Resistant Enterobacteria in Mulungu, Brazil. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 26(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1791>
12. Blasco Zumeta, J., & Gerd Michael, G. (s.f.). *Columba livia* (Columbiformes, Columbidae). *MONTIZA*(1-5).
13. Borges, C. A., Maluta, R. P., Beraldo, L. G., Cardozo, M. V., Guastalli, E. A., Kariyawasam, S., . . . Ávila, F. A. (2017). Captive and free-living urban pigeons (*Columba livia*) from Brazil as carriers of multidrug-resistant pathogenic *Escherichia coli*. *eterinary journal (London, England : 1997)*, 219, 65-67. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.12.015>
14. Brisse, S., Passet, V., & Grimont, P. A. (2014). Description of *Klebsiella quasipneumoniae* sp. nov., isolated from human infections, with two subspecies, *Klebsiella quasipneumoniae* subsp. *quasipneumoniae* subsp. nov. and *Klebsiella*

- quasipneumoniae subsp. similipneumoniae subsp. nov., and demonstration. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(9), 3146–3152. . <https://doi.org/10.1099/ij.s.0.062737-0>
15. Bujňáková, D., Puvača, N., & Ćirković, I. (2022). Virulence Factors and Antibiotic Resistance of Enterobacterales. *Microorganisms*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081588>
 16. Bush, K., & Bradford, P. A. (2020). Epidemiology of β -lactamase-producing pathogens. *Clin Microbiol Rev*, 33(2). <https://doi.org/10.1128/cmr.00047-19>
 17. Castro, J., Lima, Â., Sousa, L. G., Rosca, A. S., Muzny, C. A., & & Cerca, N. (2022). Crystal Violet Staining Alone Is Not Adequate to Assess Synergism or Antagonism in Multi-Species Biofilms of Bacteria Associated With Bacterial Vaginosis. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.795797>
 18. Chen, L., Zhaohui, X., Lilian, S., Jian, Y., & Qi, J. (2012). VFDB 2012 update: toward the genetic diversity and molecular evolution of bacterial virulence factors. *Nucleic Acids Research*, 40(1), 641-645. <https://doi.org/10.1093/nar/gkr989>
 19. Cheong, S., Chandler-Khayd, C., Williams, S. R., Gaudin, A. C., Aminabadi, P., Jay-Russell, M. T., . . . Pires, A. F. (2024). Evaluation of environmental risk factors associated with survival of generic *Escherichia coli* in organic integrated crop-livestock systems in California and Minnesota. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1464018>
 20. Cho, J. A., Roh, Y. J., Son, H. R., Choi, H., Lee, J. W., Kim, S. J., & & Lee, C. H. (2022). Assessment of the biofilm-forming ability on solid surfaces of periprosthetic infection-associated pathogens. *Scientific reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22929-z>

21. CLSI. (2025). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. Clinical and Laboratory Standards Institute.
22. Davin-Regli, A., Lavigne, J. P., & Pagès, J. M. (2019). Enterobacter spp.: Update on Taxonomy, Clinical Aspects, and Emerging Antimicrobial Resistance. *Clinical microbiology reviews*, 32(4). <https://doi.org/10.1128/CMR.00002-19>
23. Deka, N. (2014). Comparison of Tissue Culture plate method, Tube Method and Congo Red Agar Method for the detection of biofilm formation by Coagulase Negative Staphylococcus isolated from Non-clinical Isolates. *Internal Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(10), 810-815.
24. Del Carpio, C. (2017). *Estudio de la bioadsorción de Pb (II) y Cd (II) usando como biomasa a Escherichia coli aislada de las aguas contaminadas del Río Huatanay de la Ciudad del Cusco*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/f329b36a-1773-4610-8278-0ecd1b56a6cf>
25. Dementieieva, Y. Y., Muzyka, N., Muzyka, D., & Chaplygina, A. B. (2022). Antibiotic resistance of bacterial cultures isolated from the feral pigeon (*Columba livia*) and starling (*Sturnus vulgaris*) at a solid waste landfill. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13(4), 443-448. <https://doi.org/10.15421/022258>
26. Despotovic, M., de Nies, L., Busi, S. B., & Wilmes, P. (2023). Reservoirs of antimicrobial resistance in the context of One Health. *Current opinion in microbiology*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2023.102291>
27. Dolka, B., Czopowicz, M., Chrobak-Chmiel, D., Ledwoń, A., & Szeleszczuk, P. (2020). Prevalence, antibiotic susceptibility and virulence factors of Enterococcus species in racing pigeons (*Columba livia* f. domestica). *BMC Veterinary Research*, 16(7). <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2200-6>

28. Dulanto Chiang, A., & Dekker, J. P. (2024). Efflux pump-mediated resistance to new beta lactam antibiotics in multidrug-resistant gram-negative bacteria. *Communications medicine*, 4(1), 170. <https://doi.org/10.1038/s43856-024-00591-y>
29. El-Mansi, M., Phue, J. N., & Shiloaj, J. (2021). Expression of the ace operon in *Escherichia coli* is triggered in response to growth rate-dependent flux-signal of ATP. *FEMS Microbiology Letters*, 368(2).
30. Española, R. F. (2020). *SISTEMA DIGESTIVO DE LA PALOMA*. <https://www.realfede.com/wp-content/uploads/2020/06/Sistema-digestivo-de-la-paloma.pdf>
31. Falcicchio, P., Levisson, M., Kengen, S., Koutsopoulos, S., & van der Oost, J. (2021). (Hyper) Thermophilic enzymes: Production and purification. *Methods Mol Biol*.
32. Farfán, M. A., Duarte, J., & Díaz-Ruiz, F. (2022). Source Areas as a Key Factor Contributing to the Recovery Time of Controlled Feral Pigeon (*Columba livia* var. domestica) Colonies in Low-Density Urban Locations. *Animals*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/ani12091056>
33. Franklin, A. M., Weller, D. L., Durso, L. M., Bagley, M., Davis, B. C., Frye, J. G., . . . Garland, J. L. (2024). A one health approach for monitoring antimicrobial resistance: developing a national freshwater pilot effort. *Frontiers in water*, 6. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1359109>
34. Freire, S., Grilo, T., Poirel, L., & Aires-de-Sousa, M. (2022). Urban Pigeons (*Columba livia*) as a Source of Broad-Spectrum β -Lactamase-Producing *Escherichia coli* in Lisbon, Portugal. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/doi.org/10.3390/antibiotics11101368>
35. Garba, Z., Bonkougou, I. O., Somda, N. S., Natama, M. H., Somé, G., Sangaré, L., . . . Tinto, H. (2025). Fecal carriage of carbapenemase and AmpC- β -lactamase producers

- among extended spectrum β -Lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella* spp. isolates in patients attending hospitals. *BMC Infectious Diseases*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10506-4>
36. García Ferrer, C. A. (2016). *Prevalencia de Escherichia coli y Salmonella spp. en excretas de palomas domésticas (Columba livia) de diferentes parques y plazas de la ciudad de Huanuco - 2016*. [Tesis de Bachiller, Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco]: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/1358>
 37. García, J., García-Gálan, M. J., Day, J. W., White, J. E., White, J. R., Wallace, S., & Hunter, R. G. (2020). A review of emerging organic contaminants (EOCs), antibiotic resistant bacteria (ARB), and antibiotic resistance genes (ARGs) in the environment: Increasing removal with wetlands and reducing environmental impacts. *Bioresource Technology*, 307. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123228>
 38. Garrity, G. M., Brenner, D. J., Krieg, N. R., & Staley, J. T. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology: Volumen Two: The Proteobacteria (Part B – The Gammaproteobacteria)*. Springer.
 39. Gliebova, K. V. (2014). The role of the wild birds as natural sources of bacterial diseases. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 15(2-3), 119–122.
 40. Gonçalves, D. L., Chang, M. R., Nobrega, G. D., Venancio, F. A., Júnior, M. G., & Fava, W. S. (2024). Hospital sewage in Brazil: a reservoir of multidrug-resistant carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. *Brazilian Journal of Biology*, 84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.277750>
 41. Hasan, S. M., & Ibrahim, K. S. (2022). Molecular Characterization of Extended Spectrum β -Lactamase (ESBL) and Virulence Gene-Factors in Uropathogenic

- Escherichia coli* (UPEC) in Children in Duhok City, Kurdistan Region, Iraq. *Antibiotics*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/antibiotics11091246>
42. He, Y., Liu, F., Li, C., Wu, J., Fan, K., Wen, Z., . . . Hou, T. (2025). The adaptive growth and mechanisms of *Klebsiella pneumoniae* under sucrose and glucose exposure. *Microbiol Spectr*, 13(12). <https://doi.org/10.1128/spectrum.01603-25>
 43. Herrera, A. M., & Vallejos, Y. I. (2020). *Frecuencia bacteriana y patrón de resistencia a antimicrobianos (fenotipo y genotipo) en muestras de nasofaringe y manos en pacientes de UCI en el Hospital Nacional Dos de Mayo en abril 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Científica del SurUDCA]: 10.21142/tl.2020.1582
 44. Hickman, R. A., Agarwal, V., Sjöström, K., Emanuelson, U., Fall, N., Sternberg-Lewerin, S., & Järhult, J. D. (2022). Dissemination of Resistant *Escherichia coli* Among Wild Birds, Rodents, Flies, and Calves on Dairy Farms. *Frontiers in microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.838339>
 45. HiMedia. (2019). *Xylose-Lysine Deoxycholate Agar (XLD Agar)*. HiMedia Laboratories.
 46. Hullur, N. S., Natarajan, A., & Sreeramulu, P. N. (2022). Phenotypic Characterization of Virulence Factors and Antibigram of *Klebsiella pneumoniae* Isolates from Various Clinical Samples – A Cross Sectional Study. *J Pure Appl Microbiol*, 16(3), 1783-1791. <https://doi.org/10.22207/JPAM.16.3.21>
 47. Husna, A., Rahman, M., Badruzzaman, A., Sikder, M., Islam, M., Rahman, M., . . . Ashour, H. (2023). Extended-Spectrum β -Lactamases (ESBL). *Challenges and Opportunities. Biomedicines*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/biomedicines11112937>
 48. Hussain, A., Shaik, S., Ranjan, A., Suresh, A., Sarker, N., Semmler, T., . . . Ahmed, N. (2019). Genomic and Functional Characterization of Poultry *Escherichia coli* From India Revealed Diverse Extended-Spectrum β -Lactamase-Producing Lineages With

- Shared Virulence Profiles. *Frontiers in microbiology*, 10(2766).
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02766>
49. Iowa State University, Veterinary Diagnostic Laboratory. (s.f.). *Sample collection and submission: Avian influenza*. <https://vetmed.iastate.edu/vdl/resources/pathogens-toxins/avian-influenza/sample-collection-and-submission/>
50. Jarlier, V., Nicolas, M. H., Fournier, G., & Philippon, A. (1988). Extended broad-spectrum beta-lactamases conferring transferable resistance to newer beta-lactam agents in Enterobacteriaceae: hospital prevalence and susceptibility patterns. *Reviews of infectious diseases*, 10(4), 867-878. <https://doi.org/10.1093/clinids/10.4.867>
51. Karunesh, S. (2024). *Columba livia* (Feral Pigeons) population and their relationship with humans in Azamgarh City, Uttar Pradesh, India. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 11(4), 82-86.
52. Khan, R., Wali, S., Khan, S., Munir, S., Pari, B., Yousuf, A. M., & Almutawif, Y. A. (2024). Isolation and characterization of pathogenic *Klebsiella pneumoniae* strains from lettuce: a potential source of antibiotic resistance and development of a mathematical model for ANOVA results. *Frontiers in microbiology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1473055>
53. Kowalczyk, K., & Wójcik-Fatla, A. (2025). Phylogenetic characterisation, virulence factors, and multi-drug resistance of *Escherichia coli* strains isolated from faeces of feral pigeons (*Columba livia* forma urbana). *Ir Vet J*, 78(17).
<https://doi.org/10.1186/s13620-025-00306-2>
54. Laboratorios OXOID. (2016). *Certificado de análisis, tabla de interpretación de halos*. Bogotá: OXOID.
55. Legese, M. H., Asrat, D., Aseffa, A., Hasan, B., Mihret, A., & Swedberg, G. (2022). Molecular Epidemiology of Extended-Spectrum Beta-Lactamase and AmpC Producing

- Enterobacteriaceae among Sepsis Patients in Ethiopia: A Prospective Multicenter Study. *Antibiotics*, 11(2), 131. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020131>
56. Lepe, J. A., & Martínez-Martínez, L. (2022). Mecanismos de resistencia en bacterias gramnegativas. *Medicina Intensiva (English Edition)*, 46(7), 392-402. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2022.05.004>
57. Loucif, L., Chelaghma, W., Bendjama, E., Bouaziz, A., Cherak, Z., Serrar, W., . . . Rolain, J. (2022). Urban pigeons as a reservoir of carbapenem resistant Enterobacterales: first report of OXA-48-producing *Klebsiella pneumoniae*. *New microbes and new infections*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2022.100981>
58. Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2021). *Brock Biology of Microorganisms (16^a ed.)*. Pearson.
59. Magiorakos, A. P., Srinivasan, A., Carey, R. B., Carmeli, Y., Falagas, M. E., Giske, C. G., . . . Monnet, D. L. (2012). Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 18(3), 268-281. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x>
60. Martín-Maldonado, B., Rodríguez-Alcázar, P., Fernández-Novo, A., González, F., Pastor, N., López, I., . . . Aranaz, A. (2022). Urban Birds as Antimicrobial Resistance Sentinels: White Storks Showed Higher Multidrug-Resistant *Escherichia coli* Levels Than Seagulls in Central Spain. *Animals*, 12(19), 2714. <https://doi.org/10.3390/ani12192714>
61. Mbuthia, C. W., & Hoza, A. S. (2025). Wild birds as potential reservoirs of antimicrobial-resistant *Escherichia coli*: a systematic review. *Frontiers in microbiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1615826>

62. Jacob, M., Keelara, S., Aidara-Kane, A., Matheu Alvarez, J. R., & Fedorka-Kray, P. J., (2020). Optimizing a Screening Protocol for Potential Extended-Spectrum β -Lactamase *Escherichia coli* on MacConkey Agar for Use in a Global Surveillance Program. *Journal of clinical microbiology*, 58(9). <https://doi.org/10.1128/JCM.01039-19>
63. Meriem, S., Pierre, C., Antoine, D., Sana, A., Imen, H., Sana, N., . . . Wejdene, M. (2023). CTX-M-15/27-positive *Escherichia coli* and VIM-2-producing *Pseudomonas putida* in free-living pigeons (*Columba livia*) in Tunisia. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 36, 70-75. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2023.12.013>
64. Mia, M. M., Hasan, M., & Hasnath, M. R. (2022). Global prevalence of zoonotic pathogens from pigeon birds: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 8(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09732>
65. Miranda, S. P., Rodriguez, P. A., Hormazábal, J. C., Ramirez, V., Pidal, P., & Silva, F. (2018). *Documentos Técnicos para el Laboratorio Clínico: Recomendaciones para detección de carbapenemasas en Enterobacterias y Pseudomonas aeruginosa*. Instituto de Salud Pública de Chile.
66. Mirbag, H. H., Tajbakhsh, S., Askari, A., & Yousefi, F. (2024). Comparison of virulence factors between ESBL and non-ESBL producing *Klebsiella pneumoniae* isolates. *Iranian journal of microbiology*, 16(1), 39-48. <https://doi.org/10.18502/ijm.v16i1.14869>
67. Morales Cauti, S., Dellepiane Gil, H., & Chuquizuta Ramos, C. (2021). Resistencia antibiótica de cepas de *Salmonella enterica* aisladas de canales de cuyes en un mercado de Lima, 2021. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(1), 1-11. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.24595>
68. Moreno, X., Ventura, M., Panizo, M. M., & Garcés, M. F. (2022). Assessment of biofilms formation of bacterial and fungal isolates using qualitative Congo red agar and

- semiquantitative crystal violet microtiter methods. *Biomedica : revista del Instituto Nacional de Salud*, 43(1), 77-88. <https://doi.org/10.7705/biomedica.6732>
69. Mourkas, E., Valdebenito, J. O., Marsh, H., Hitchings, M. D., Cooper, K. K., Parker, C. T., . . . Sheppard, S. K. (2024). Proximity to humans is associated with antimicrobial-resistant enteric pathogens in wild bird microbiomes. *Current biology : CB*, 34(17), 3955-3965. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.07.059>
70. Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2021). *Microbiología Médica*. ELSEVIER.
71. Nasrollahian, S., Graham, J., & Halaji, M. (2024). A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of *Escherichia coli*. *Front Cell Infect Microbiol*.
72. Nelly, Z. Z., Oladele, O. A., Djim-Adjim-Ngana, K., Mouliom, M. M., Dah, I., & Josiane, N. M. (2024). Phenotypic and molecular identification of antimicrobial resistance in *Escherichia coli* and *Salmonella* species isolated from apparently healthy broilers and zoo birds in Cameroon. *African Journal of Clinical and experimental Microbiology*. *African Journal of Clinical and experimental Microbiology*, 25(3), 312-321. <https://doi.org/10.4314/ajcem.v25i3.8>
73. Nordmann, P., Dortet, L., & Poirel, L. (2012). Carbapenem resistance in Enterobacteriaceae: here is the storm! *Trends in molecular medicine*, 18(5), 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2012.03.003>
74. OMS, O. M. (2024). *List of bacteria for which new antibiotics are urgently needed*.
75. Padzil, F. N., Yaakop, S., Md-Zain, B. M., & Hassan, A. A. (2021). Morphometric variation of urban feral pigeons (*Columba livia*) in Peninsular Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*, 32(1), 1-16.

76. Pakbin, B., Brück, W. M., & Rossen, J. W. (2021). Virulence Factors of Enteric Pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18). <https://doi.org/10.3390/ijms22189922>
77. Pardo, D., Dimaté, E., Cruz, J., Ochoa, J., Rojas, L., Ramírez, M., & Linarez, N. (2023). *Generalidades sobre la paloma común: historia, biología y salud*. Vicerrectoría de Ciencia, Tecnología e Innovación.
78. Parte, A. C., Krieg, N. R., Ludwig, W., Whitman, W. B., Brown, D. R., Hedlund, B. P., & ... Kämpfer, P. (2024). *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*. John Wiley & Sons.
79. Pourcel, C., Touchon, M., Villeriot, N., Vernadet, J. P., Couvin, D., Toffano-Nioche, C., & Vergnaud, G. (2020). CRISPRCasdb a successor of CRISPRdb containing CRISPR arrays and cas genes from complete genome sequences, and tools to download and query lists of repeats and spacers. *Nucleic acids research*, 48(D1), D535-D544. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz915>
80. Puma, G. M., & Lima, Y. (2022). *Identificación, prevalencia y perfil de susceptibilidad antimicroniana de los enteropatógenos, en aves psitácidas en cautiverio y semi cautiverio y aves domésticas (Gallus gallus domesticus) en sus áreas de influencia, Puerto Maldonado*. [Tesis de Bachiller, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]: <http://hdl.handle.net/20.500.14070/834>
81. Quintelas, M., Silva, V., Araújo, S., Tejedor-Junco, M. T., Pereira, J. E., Igrejas, G., & Poeta, P. (2024). Klebsiella in Wildlife: Clonal Dynamics and Antibiotic Resistance Profiles, a Systematic Review. *Pathogens*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/pathogens13110945>
82. Ramos-Gorbeña, J. C., Jerí-San Miguel, I. R., & Villar-Mondalgo, J. R. (2021). A PALOMA (*COLUMBA LIVIA* GMELIN, 1789): BIOLOGÍA, DETERIORO

STRUCTURAL Y PRINCIPALES ENFERMEDADES ZOONÓTICAS. *Biotempo*, 18(2), 235-252.

83. Rybak, B., Krawczyk, B., Furmanek-Blaszk, B., Wysocka, M., Fordon, M., Ziolkowski, P., . . . Sikorska, K. (2022). Antibiotic resistance, virulence, and phylogenetic analysis of *Escherichia coli* strains isolated from free-living birds in human habitats. *PloS one*, 17(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262236>
84. Salam, M. A., Al-Amin, M. Y., Salam, M. T., Pawar, J. S., Akhter, N., Rabaan, A. A., & Alqumber, M. (2023). Antimicrobial Resistance: A Growing Serious Threat for Global Public Health. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/healthcare11131946>
85. Sánchez, M. (2019). *Caracterización fenotípica y genotípicas de bacterias antibiótico resistente aisladas del tubo gastrointestinal de aves Columba livia que circulan por el centro de la ciudad de León ; en período de agosto 2016 - agosto 2017*. [Tesis bachiller, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León]: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/7528>
86. Satí, H., Carrara, E., Savoldi, A., Hansen, P., Garlasco, J., Campagnaro, E., . . . Evelina, T. (2025). The WHO Bacterial Priority Pathogens List 2024: a prioritisation study to guide research, development, and public health strategies against antimicrobial resistance. *The Lancet Infectious Diseases*, 25, 1033-1043. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(25\)00118-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(25)00118-5)
87. Skórka, P., Grzywacz, B., Bełcik, M., & Tryjanowski, P. (2024). Environmental and social correlates of the plumage color polymorphism in an urban dweller, feral pigeon (*Columba livia* f. domestica). *Sci Rep*, 14, 31400. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82937-z>

88. Soh, M. C., Pang, R. Y., Ng, B. X., Lee, B. P., Loo, A. H., & Er, K. B. (2021). Restricted human activities shift the foraging strategies of feral pigeons (*Columba livia*) and three other commensal bird species. *Biological Conservation*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108927>
89. Soujanya, M., & Banashankari, G. S. (2023). Phenotypic Detection of Virulence Factors of Uropathogenic Enterobacteriaceae. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 17(2), 931-941. <https://doi.org/10.22207/JPAM.17.2.22>
90. Suay-García, B., & Pérez-Gracia, M. T. (2019). Present and Future of Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) Infections. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 8(3), 122. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8030122>
91. Temel, A., & Erac, B. (2022). Investigating biofilm formation and antibiofilm activity using real time cell analysis method in carbapenem resistant acinetobacter Baumannii Strains. *Curr. Microbiol*, 79(9), 256. <https://doi.org/10.1007/s00284-022-02943-0>
92. Terlizzi, M. E., Gribaudo, G., & Maffei, M. E. (2017). UroPathogenic *Escherichia coli* (UPEC) Infections: Virulence Factors, Bladder Responses, Antibiotic, and Non-antibiotic Antimicrobial Strategies. *Frontiers in microbiology*, 8(1566). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01566>
93. Tille, P. M. (2022). *Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology, Edition 15*. Elsevier.
94. Tomahawk. (2020). *Bird Trap Instructions & Information*. Tomahawk Live Trap: <https://www.livetrapp.com/images/TLTAllBird.pdf>
95. Truşcă, B. S., Gheorghe-Barbu, I., Manea, M., Ianculescu, E., Barbu, I. C., Măruţescu, L. G., . . . Lazăr, V. (2023). Snapshot of Phenotypic and Molecular Virulence and Resistance Profiles in Multidrug-Resistant Strains Isolated in a Tertiary Hospital in Romania. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/pathogens12040609>

96. Vestby, L. K., Grønseth, T., Simm, R., & Nesse, L. L. (2020). Bacterial Biofilm and its Role in the Pathogenesis of Disease. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 9(2), 59. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9020059>
97. Villegas, M. V., Jiménez, A., Esparza, G., & Appel, T. M. (2019). Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae: A diagnostic, epidemiological and therapeutic challenge. *Infectio*, 23(4), 388-397. <https://doi.org/10.22354/in.v23i4.808>
98. Wang, G., Zhao, G., Chao, X., Xie, L., & Wang, H. (2020). The characteristic of virulence, biofilm and antibiotic resistance of *Klebsiella pneumoniae*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17). <https://doi.org/10.1128/MMBR.00078-15>
99. Wang, X., Zhao, J., Ji, F., Wang, M., Wu, B., Qin, J., . . . Wang, C. (2023). Genomic Characteristics and Molecular Epidemiology of Multidrug-Resistant *Klebsiella pneumoniae* Strains Carried by Wild Birds. *Microbiology spectrum*, 11(2). <https://doi.org/10.1128/spectrum.02691-22>
100. Wang, Z., Hu, H., Zhu, T., Zheng, J., Gänzle, M. G., & Simpson, D. J. (2021). Ecology and Function of the Transmissible Locus of Stress Tolerance in *Escherichia coli* and Plant-Associated Enterobacteriaceae. *mSystems*, 6(4). <https://doi.org/10.1128/mSystems.00378-21>
101. Wen, L. L., Kuo, P. Y., Thuy, T. T., Duong, T. T., Huang, Y. T., Hsueh, P. R., . . . Kao, C. Y. (2023). Genome-based characterization of conjugative IncHI1B plasmid carrying carbapenemase genes blaVIM-1, blaIMP-23, and truncated blaOXA-256 in *Klebsiella pneumoniae* NTU107224. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2023.105420>

102. Yang, C., Zhang, C., & Wu, J. (2020). Diet–morphology relationships in granivorous birds: implications for niche differentiation. *Avian Research*, 11(1), 1-9.
103. Zagui, G. S., Moreira, N. C., Ferreira, J. C., Agnesini, M. V., Barth, P. O., Barth, A. L., . . . Segura-Muñoz, S. I. (s.f.). Municipal sewage as a pathway for multidrug-resistant KPC-producing *Klebsiella pneumoniae* from hospital effluent to urban stream: challenges for wastewater management. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2025.114640>
104. Zanon, I. P., Campos, J. V., Castro, Y. G., Melo, I. M., Aburjaile, F. F., Brenig, B., . . . & Silva, R. O. (2025). Genomic Characterization of Carbapenem-Resistant *Acinetobacter baumannii* (OXA-23) and *Klebsiella pneumoniae* (KPC-2) Causing Hospital-Acquired Infections in Dogs. *Antibiotics*, 14(6), 584. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14060584>
105. Zhao, A., Sun, J., & Liu, Y. (2023). Understanding bacterial biofilms: From definition to treatment strategies. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1137947>

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 15

Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo A (Plazoleta Micaela Bastidas)

Código	Agar MacConkey		
	Sin antibiotico	Con antibiotico	
		CRO 4 mg/L	MEM 1 mg/L
P01A	Positivo	Positivo	
P02A	Positivo	Positivo	Positivo
P03A	Positivo	Positivo	Positivo
P04A	Positivo	Positivo	Positivo
P05A	Positivo	Positivo	Positivo
P06A	Positivo		Positivo
P07A	Positivo	Positivo	Positivo
P08A	Positivo		
P09A	Positivo		
P10A	Positivo	Positivo	
P11A	Positivo	Positivo	
P12A	Positivo	Positivo	
P13A	Positivo	Positivo	
P14A	Positivo	Positivo	
P15A	Positivo		
P16A	Positivo	Positivo	
P17A	Positivo		
P18A	Positivo		
P19A	Positivo	Positivo	
Total	100%	68.42%	31.58%

Nota: CRO (Ceftriaxona), MEM (Meropenem)

Tabla 16

Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo B (Prolongación Calle Bolívar)

Código	Agar MacConkey		
	Sin antibiotico	Con antibiotico	
		CRO 4 mg/L	MEM 1 mg/L
P01B	Positivo		
P02B	Positivo	Positivo	
P03B	Positivo	Positivo	
P04B	Positivo	Positivo	
P05B	Positivo		
P06B	Positivo	Positivo	

P07B	Positivo	
P08B	Positivo	Positivo
P09B	Positivo	Positivo
P10B	Positivo	
P11B	Positivo	
P12B	Positivo	
P13B	Positivo	
P14B	Positivo	
P15B	Positivo	Positivo
P16B-CS	Positivo	Positivo
P17B	Positivo	
P18B	Positivo	
Total	100%	44.44%

Nota: CRO (Ceftriaxona), MEM (Meropenem)

Tabla 17

Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo C (Ex-botadero de San Antonio)

Código	Agar MacConkey	
	Sin antibiotico	Con antibiotico
		CRO 4 mg/L MEM 1 mg/L
P01C	Positivo	
P02C	Positivo	Positivo
P03C	Positivo	
P04C	Positivo	Positivo
P05C	Positivo	
P06C	Positivo	Positivo
P07C	Positivo	
P08C	Positivo	Positivo
P09C	Positivo	Positivo
P10C	Positivo	Positivo
P11C	Positivo	Positivo
P12C	Positivo	Positivo
P13C	Positivo	Positivo
P14C	Positivo	
P15C	Positivo	
P16C	Positivo	Positivo
P17C	Positivo	
P18C	Positivo	Positivo

P19C	Positivo
P20C	Positivo
P21C	Positivo
Total	100% 52.38%

Nota: CRO (Ceftriaxona), MEM (Meropenem)

Tabla 18

Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo D (Alrededor del Mercado Santa Rosa)

Código	Agar MacConkey	
	Sin antibiotico	Con antibiotico
		CRO 4 mg/L MEM 1 mg/L
P01D	Positivo	Positivo
P02D	Positivo	Positivo
P03D	Positivo	Positivo
P04D	Positivo	Positivo
P05D		
P06D	Positivo	
P07D	Positivo	
P08D	Positivo	
P09D	Positivo	
P10D	Positivo	Positivo
P11D	Positivo	Positivo
P12D	Positivo	
P13D	Positivo	
P14D	Positivo	
P15D		
P16D	Positivo	Positivo
P17D	Positivo	Positivo
P18D	Positivo	
P19D	Positivo	
Total	89.47%	42.11%

Nota: CRO (Ceftriaxona), MEM (Meropenem)

Tabla 19

Aislamiento de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas punto de muestreo E (Alrededor del Mercado Virgen del Carmen)

Código	Agar MacConkey		
	Sin antibiotico	Con antibiotico	
		CRO 4 mg/L	MEM 1 mg/L
P01E	Positivo		
P02E	Positivo	Positivo	
P03E	Positivo	Positivo	
P04E	Positivo		
P05E	Positivo	Positivo	
P06E	Positivo		
P07E	Positivo	Positivo	
P08E	Positivo		
P09E	Positivo	Positivo	
P10E	Positivo	Positivo	
P11E	Positivo		
P12E	Positivo		
P13E	Positivo		
P14E	Positivo		
P15E			
P16E	Positivo	Positivo	
P17E	Positivo	Positivo	
P18E	Positivo	Positivo	
P19E	Positivo	Positivo	
Total	94.74%	52.63%	

Nota: CRO (Ceftriaxona), MEM (Meropenem)

ANEXO 2

Tabla 20

Resultados del aislamiento e identificación bioquímica de enterobacterias aisladas a partir de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

CODIGO DE IDENTIFICACION	TSI			LIA	MIO			CITRATO	UREA	RM	VP	Malonato	IDENTIFICACION BACTERIANA
	TSI	GAS	H ₂ S		M	I	O						
P01A-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P02A-1	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P03A-1-CRO	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P03A-1-MEM	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P04A-1-CRO	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P04A-1-MEM	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	-	-	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P05A-1-CRO	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P05A-1-MEM	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P06A-1-MEM	A/A	-	-	K/K	-	-	-	-	-	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P06A-2-MEM	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P07A-1-CRO	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P07A-1-MEM	A/A	-	-	K/K	-	-	-	+	+	+	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
P10A-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P11A-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P12A-1	A/A	+	-	K/K	-	-	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P12A-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P13A-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P14A-1	A/A	-	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P14A-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P16A-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>

P16A-3	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P19A-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P02B-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P03B-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P04B-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P06B-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P08B-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P09B-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P09B-3	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P015B-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P02C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P04C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P06C-1	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P06C-2	A/A	-	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P08C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P09C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P09C-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	-	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P10C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P11C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P12C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P13C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P16C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P18C-1	A/A	+	-	K/K	+	+	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P01D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P02D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P03D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P04D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P10D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P11D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P16D-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>

P17D-1	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P17D-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P02E-2	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P02E-3	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P03E-1	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P03E-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P05E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P05E-2	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P05E-3	K/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P07E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P07E-1-CS	A/A	+	-	K/K	-	-	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P07E-2-CS	A/A	+	-	K/K	+	+	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P09E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	-	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P10E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P16E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P17E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P18E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
P19E-1	A/A	+	-	K/K	+	+	+	-	-	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>

Leyenda. A/A: Superficie acida, fondo acido, K/K: Superficie alcanlina, fondo alcalino, (+): reacción positiva y/o crecimiento positivo, (-):Reacción negativa

y/o crecimiento negativo, nd: Reacción y/o crecimiento no definido, RM: Rojo de metil, VP: Voges-Proskauer.

ANEXO 2

Tabla 21

Perfiles fenotipicos de las cepas de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

PUNTO DE MUESTREO	CODIGO DE IDENTIFICACION	SEXO	EDAD	PROCEDECIA	TIPO DE RESISTENCIA FENOTIPICO	SXT	GEN	AK	TE	AMC	IMP	MEM	ETP	CIP	ENR	FUR	CTX	FEP	FOX	CRO	ATM	KPC	MBL	BLEE
P01A-A	1	MACHO	ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	BLEE	R	S	S	R	I	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	I	-	-	+
P02A-A	1	HEMBRA	ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	-
P03A-A	1-CRO	MACHO	ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	-
P03A-A	1-MEM	MACHO	ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	-
P04A-A	1-CRO	HEMBRA	ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	I	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	-
P04A-A	1-MEM	HEMBRA	ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	-

P05A-			PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	
A	1-	MACHO JUVENIL MEM																				
P05A-1-CRO			PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	
A		MACHO JUVENIL																				
P06A-			PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	
A	1-	MACHO ADULTO MEM																				
P06A-			PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	
A	2-	MACHO ADULTO MEM																				
P07A-1-CRO			PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	
A		MACHO JUVENIL																				
PA07-			PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	CARBAPENEMASAS	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	-	
A	1-	MACHO JUVENIL MEM																				
A	P10A-1	HEMBRA ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	BLEE	R	R	S	R	I	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-
A	P11A-1	MACHO ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	-	R	I	S	R	R	S	S	S	S	I	R	R	I	S	R	R	-	-
A	P14A-1	MACHO ADULTO	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	BLEE	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	R	S	R	R	-	-
A	P16A-3	MACHO JUVENIL	PLAZOLETA MICAELA BASTIDAS	BLEE	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-

B	P02B- 1	HEMBRA JUVENIL	MERCADO SANTA ROSA	BLEE	S	I	I	S	I	S	S	S	S	I	R	R	I	S	R	R	-	-	+
B	P03B- 1	MACHO JUVENIL	MERCADO SANTA ROSA	BLEE	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-	+
B	P04B- 1	HEMBRA JUVENIL	MERCADO SANTA ROSA	BLEE	R	S	I	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-	+
B	P06B- 1	MACHO JUVENIL	MERCADO SANTA ROSA	-	S	I	S	S	R	S	S	S	R	I	R	R	I	S	R	R	-	-	-
B	P08B- 1	HEMBRA JUVENIL	MERCADO SANTA ROSA	-	S	I	I	S	R	S	S	S	S	S	R	R	I	I	R	R	-	-	-
B	P09B- 1	MACHO ADULTO	MERCADO SANTA ROSA	-	R	I	I	R	R	S	S	S	R	I	R	R	I	S	R	R	-	-	-
B	P09B- 3	MACHO ADULTO	MERCADO SANTA ROSA	-	S	I	I	S	R	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-	-
B	P15B- 1	HEMBRA JUVENIL	MERCADO SANTA ROSA	-	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	I	-	-	-
C	P04C- 1	HEMBRA JUVENIL	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	R	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	R	S	R	R	-	-	-
C	P06C- 2	HEMBRA JUVENIL	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-	-
C	P08C- 1	MACHO ADULTO	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	I	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	I	R	I	-	-	-
C	P09C- 1	MACHO JUVENIL	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-	-

C	P09C- 2	MACHO JUVENIL	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	BLEE	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	I	-	-	+
C	P10C- 1	MACHO JUVENIL	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-	-
C	P12C- 1	HEMBRA JUVENIL	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	BLEE	R	S	S	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	R	-	-	+
C	P16C- 1	HEMBRA ADULTO	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-	-
C	P18C- 1	MACHO ADULTO	EX-BOTADERO SAN ANTONIO	-	R	S	I	R	R	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-	-
D	P01D- 1	HEMBRA JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	-	R	S	I	R	R	S	S	S	R	R	R	R	I	S	R	I	-	-	-
D	P03D- 1	HEMBRA ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	-	R	R	S	R	R	S	S	S	I	I	R	R	R	S	R	I	-	-	-
D	P04D- 1	HEMBRA ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	BLEE	R	R	S	S	R	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-	+
D	P10D- 1	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	BLEE	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	R	R	R	S	R	R	-	-	+
D	P11D- 1	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	BLEE	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
D	P16D- 1	HEMBRA JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	BLEE	I	R	S	R	S	S	S	S	R	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
D	P17D- 1	MACHO JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	BLEE	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+

P17D- D 2	MACHO JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO SANTA ROSA	BLEE	I	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	R	R	S	R	R	-	-	+
E P02E-2	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	S	S	I	R	S	S	S	S	S	S	R	R	R	S	R	R	-	-	+
E P02E-3	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	S	I	I	I	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P03E-1	HEMBRA ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	S	S	S	S	R	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P03E-2	HEMBRA ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	R	S	R	S	S	S	S	R	S	R	R	S	S	R	I	-	-	+
E P05E-1	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-	+
E P05E-2	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	I	S	S	S	R	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P05E-3	MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	R	S	S	S	R	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P07E-1	MACHO JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	S	S	S	S	I	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P07E-1-CS	MACHO JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	I	-	-	+
E P07E-2-CS	MACHO JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P09E-1	HEMBRA JUVENIL	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	I	S	S	S	R	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+

E P10E-1 HEMBRA ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	R	I	S	S	S	R	S	R	R	I	S	R	R	-	-	+
E P16E-1 MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	R	R	S	R	I	-	-	+
E P17E-1 HEMBRA ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	R	R	S	R	R	-	-	+
E P19E-1 MACHO ADULTO	ALREDEDOR DEL MERCADO VIRGEN DEL CARMEN	BLEE	R	R	I	R	I	S	S	S	R	S	R	R	R	S	R	R	-	-	+

Leyenda. R: Resistente (Resistencia al antibiotico), I: Intermedio (Resistencia Intermedia al antibiótico), S: Sensible (Sensible al antibiotico)

ANEXO 3

Tabla 22

Resultados fenotipicos de los factores de virulencia de enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*) en el distrito de San Sebastián.

Cepa	Hemolisis	Hipermucosidad	Proteasas (Caseína)	Gelatina	Lipasas(Tween 80°)	Biofilm
P01A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P02A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P03A-1-CRO	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P03A-1-MEM	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P04A-1-CRO	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	MF
P04A-1-MEM	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P05A-1-MEM	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P05A-1-CRO	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P06A-1-MEM	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	MF
P06A-2-MEM	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P07A-1-CRO	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
PA07-1-MEM	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P10A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P11A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P12A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	MF
P12A-2	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P13A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P14A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P14A-2	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P16A-2	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	MF
P16A-3	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P19A-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P02B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P03B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P04B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	MF
P06B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P08B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P09B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P09B-3	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P15B-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	MF
P02C-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P04C-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P06C-1	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P06C-2	Gamma hemolisis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF

P08C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P09C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P09C-2	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P10C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P011C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P12C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P13C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P16-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P18C-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P01D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P02D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P03D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P04D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P10D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P11D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P16D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P17D-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P17D-2	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P02E-2	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P02E-3	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P03E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P03E-2	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P05E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P05E-2	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P05E-3	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P07E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P07E-1-CS	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P07E-2-CS	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P09E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	NF
P10E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	NF
P16E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(-)	(-)	(-)	PF
P17E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P18E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF
P19E-1	Gamma hemolysis (-)	<5mm (-)	(+)	(-)	(-)	PF

Leyenda. NF: No adherente (no formadora de bioflm), PF: Debilmente Adherente (Poco formadora de

bioflm) MF: Moderadamente Adherente (Moderada formación de Biofilm), FF: Fuertemente

Adherente (Alta presencia de Biofilm)

ANEXO 4

Tabla 23

Cuantificación de la formación de Biofilm, en cepas de enterobacterias resistentes a β -lactámicos asiladas a partir de hisopados cloacales de palomas (*Columba livia*), San Jeronimo, Cusco, 2025

	Cepa	Lectura de absorbancia de los blancos			Media de los blancos como control negativo	Desviacion estandar de las desnsidades opticas de los blancos	ODC	Lectura de la absorbancia de cepas por triplicado			Promedio de la Absorvancia (ODT)	Resultado	
1	BLANCO +	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.097	0.086	0.082	0.088	FUERTEMENTE ADHERENTE	FF
2	BLANCO -	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.005	0.006	0.006	0.006	NO ADHERENTE	NF
3	P01A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.014	0.008	0.009	0.010	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
4	P02A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.005	0.006	0.006	0.006	NO ADHERENTE	NF
5	P03A-1-CRO	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.007	0.011	0.009	0.009	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
6	P03A-1-MEM	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.014	0.011	0.016	0.014	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
7	P04A-1-CRO	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.018	0.018	0.022	0.019	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
8	P04A-1-MEM	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.011	0.009	0.011	0.010	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
9	P05A-1-MEM	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.006	0.008	0.007	0.007	NO ADHERENTE	NF
10	P05A-1-CRO	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007	NO ADHERENTE	NF
11	P06A-1-MEM	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.019	0.013	0.014	0.015	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
12	P06A-2-MEM	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.008	0.012	0.008	0.009	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
13	P07A-1-CRO	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.006	0.007	0.008	0.007	NO ADHERENTE	NF
14	PA07-1-MEM	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.007	0.013	0.009	0.010	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
15	P10A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.009	0.008	0.009	0.009	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
16	P11A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.012	0.017	0.012	0.014	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
17	P12A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.021	0.027	0.021	0.023	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
18	P12A-2	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.012	0.012	0.009	0.011	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
19	P13A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.009	0.013	0.010	0.011	DEBILMENTE ADHERENTE	PF

20	P14A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.015	0.016	0.009	0.013	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
21	P14A-2	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.010	0.007	0.006	0.008	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
22	P16A-2	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.012	0.014	0.019	0.015	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
23	P16A-3	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.016	0.012	0.011	0.013	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
24	P19A-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.006	0.008	0.010	0.008	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
25	P02B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.006	0.005	0.008	0.006	NO ADHERENTE	NF
26	P03B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.007	0.008	0.010	0.008	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
27	P04B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.018	0.014	0.014	0.015	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
28	P06B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.007	0.009	0.009	0.008	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
29	P08B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.008	0.012	0.010	0.010	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
30	P09B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.006	0.007	0.008	0.007	NO ADHERENTE	NF
31	P09B-3	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.010	0.011	0.013	0.011	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
32	P15B-1	0.005	0.006	0.006	0.00567	0.0006	0.007	0.026	0.028	0.029	0.028	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
33	BLANCO +	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.073	0.056	0.059	0.063	MODERADAMENTE ADHERENTE	MF
34	BLANCO -	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.014	0.016	0.013	0.014	NO ADHERENTE	NF
35	P02C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.010	0.011	0.012	0.011	NO ADHERENTE	NF
36	P04C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.014	0.012	0.011	0.012	NO ADHERENTE	NF
37	P06C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.014	0.011	0.013	0.013	NO ADHERENTE	NF
38	P06C-2	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.017	0.011	0.013	0.014	NO ADHERENTE	NF
39	P08C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.009	0.008	0.010	0.009	NO ADHERENTE	NF
40	P09C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.011	0.011	0.013	0.012	NO ADHERENTE	NF
41	P09C-2	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.017	0.011	0.009	0.012	NO ADHERENTE	NF
42	P10C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.009	0.011	0.009	0.010	NO ADHERENTE	NF
43	P011C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.008	0.010	0.009	0.009	NO ADHERENTE	NF
44	P12C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.011	0.013	0.015	0.013	NO ADHERENTE	NF
45	P13C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.007	0.010	0.012	0.010	NO ADHERENTE	NF
46	P16-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.008	0.008	0.008	0.008	NO ADHERENTE	NF
47	P18C-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.008	0.009	0.007	0.008	NO ADHERENTE	NF
48	P01D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.005	0.006	0.005	0.005	NO ADHERENTE	NF
49	P02D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.008	0.007	0.009	0.008	NO ADHERENTE	NF

50	P03D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.009	0.010	0.012	0.010	NO ADHERENTE	NF
51	P04D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.009	0.010	0.012	0.010	NO ADHERENTE	NF
52	P10D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.009	0.011	0.010	0.010	NO ADHERENTE	NF
53	P11D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.018	0.015	0.013	0.015	NO ADHERENTE	NF
54	P16D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.011	0.004	0.008	0.008	NO ADHERENTE	NF
55	P17D-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.020	0.033	0.020	0.024	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
56	P17D-2	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.011	0.013	0.011	0.012	NO ADHERENTE	NF
57	P02E-2	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.014	0.016	0.016	0.015	NO ADHERENTE	NF
58	P02E-3	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.012	0.013	0.024	0.016	NO ADHERENTE	NF
59	P03E-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.009	0.011	0.011	0.010	NO ADHERENTE	NF
60	P03E-2	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.015	0.014	0.029	0.019	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
61	P05E-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.008	0.008	0.025	0.014	NO ADHERENTE	NF
62	P05E-2	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.011	0.013	0.008	0.011	NO ADHERENTE	NF
63	P05E-3	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.005	0.007	0.007	0.006	NO ADHERENTE	NF
64	P07E-1	0.014	0.016	0.013	0.014	0.002	0.019	0.018	0.019	0.046	0.028	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
65	BLANCO +	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.044	0.040	0.041	0.042	FUERTEMENTE ADHERENTE	FF
66	BLANCO -	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.006	0.006	0.007	0.006	NO ADHERENTE	NF
67	P07E-1-CS	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.009	0.009	0.011	0.010	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
68	P07E-2-CS	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
69	P09E-1	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.007	0.007	0.006	0.007	NO ADHERENTE	NF
70	P10E-1	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.007	0.008	0.007	0.007	NO ADHERENTE	NF
71	P16E-1	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
72	P17E-1	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.007	0.009	0.012	0.009	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
73	P18E-1	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.012	0.012	0.012	0.012	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
74	P19E-1	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.016	0.015	0.014	0.015	DEBILMENTE ADHERENTE	PF
75	VACIO	0.006	0.006	0.007	0.006	0.001	0.008	0.005	0.007	0.006	0.006	NO ADHERENTE	NF

Leyenda: NF: No adherente (no formadora de bioflm), PF: Debilmente Adherente (Poco formadora de bioflm) MF: Moderadamente Adherente (Moderada formación de Biofilm), FF: Fuertemente Adherente (Alta presencia de Bioflm)

ANEXO 5

Puntos de Corte para Enterobacterias CLSI

Tabla 24.

Puntos de corte para enterobacterias gram negativas CLSI 2025

CLSI 2025				
FAMILIA	ANTIBIOTICOS	R	SSD o I	S
Sulfonamidas	Trimetoprima/sulfametoxazol (SXT)	≤ 10	11–15	≥ 16
Aminoglucósidos	Gentamicina (GEN)	≤ 14	15–17 [^]	≥ 18
	Amikacina (AK)	≤ 16	17–19 [^]	≥ 20
Tetraciclinas	Tetraciclina (TE)	≤ 11	12–14	≥ 15
Inhibidores de B-Lactámicos	Amoxicilina/Ac. Clavulanico (AMC)	≤ 13	14–17 [^]	≥ 18
Carbapenemicos	Imipenem (IMP)	≤ 19	20–22 [^]	≥ 23
	Meropenem (MEM)	≤ 19	20–22 [^]	≥ 23
	Ertapenem (ETP)	≤ 18	19–21 [^]	≥ 22
Quinolonas	Ciprofloxacino (CIP)	≤ 21	22–25 [^]	≥ 26
Quinolonas (fluoroquinolona)	Enrofloxacin (ENR)	≤ 16	17–22	≥ 23
Cefalosporinas	Ceftiofur (FUR)	≤ 17	18–20	≥ 21
	Cefotaxima (CTX)	≤ 22	23–25 [^]	≥ 26
	Cefepime (FEP)	≤ 18	19–24	≥ 25
	Cefoxitin (FOX)	≤ 14	15–17 [^]	≥ 18
	Ceftriaxona (CRO)	≤ 19	20–22 [^]	≥ 23
Monobactámicos	Aztreonam (ATM)	≤ 17	18–20 [^]	≥ 21

Fuente: (CLSI, 2025)

ANEXO 6

Autorización Municipal para ejecución de proyecto



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
SAN SEBASTIÁN**
GESTIÓN 2023 - 2026



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CARTA N° 079-2024-FLP-GGMA-MDSS

San Sebastián, 24 de julio del 2024

SR (ES):
DYER MARCO CCORI BOLIVAR
ANTAURO ARON LUQUE QUISPE
Urb, 28 de Julio D-4 del Distrito de San Sebastián

Presente.-

Referencia : Expediente N° 23507-2024

Asunto : RESPUESTA A PETICIÓN PRESENTADA

De mi mayor consideración,

Es grato dirigirme a usted para saludarle cordialmente y a la vez poner de conocimiento la respuesta a su solicitud mediante documento de la referencia.

Que, el responsable de la Unidad de Zoonosis teniendo en cuenta la base legal concluye que la Municipalidad distrital de San Sebastián no emite autorización para la captura de palomas, pero sin embargo el solicitante podrá realizar su trabajo de investigación previa presentación de lo siguiente:

- Lugar, Fecha y horas donde realizara las capturas con anticipación a la Unidad de Zoonosis de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental, para que esta pueda realizar la supervisión y verificación del cumplimiento de la Ley N° 30407 Ley de protección y bienestar animal.
- Deberá comunicar los lugares, fecha y horas cuando realice la liberación de las aves, para su respectiva verificación.
- Debe comprometerse que al término de su trabajo de investigación facilite a la Municipalidad Distrital de San Sebastián un resumen de los resultados obtenidos.

Por lo expuesto, se declara procedente la solicitud para realizar muestreo de palomas de proyecto de tesis de la UNSAAC en el distrito de San Sebastián.

Sin más que decirle, aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente


[Firma]

"San Sebastián, cuna de Ayllus y Panakas Reales"

 Plaza de Armas s/n,
Cusco - Perú

 www.munisansebastian.gob.pe

ANEXO 7

Autorización del SERFOR



SERFOR

Ministerio del Poder Ejecutivo
Ministerio de Agricultura, Irrigación y Riego
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
Calle 10 de Agosto 1170-1180
Lima 1001, Perú

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Magdalena Del Mar, 30 de Enero del 2025

RA N° D000017-2025-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS - CUSCO

VISTO:

El Informe Técnico N° D000011-2025-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO de fecha 14 de enero de 2025 y el escrito Ingresado con número de expediente N° 2024-0059356 de fecha 4 de diciembre de 2024, presentada por el señor **ANTAURO ARON LUQUE QUISPE**, identificado con DNI N° 75314969 y el señor **DYER MARCO CCORI BOLIVAR**, identificado con DNI N° 75677753, sobre la solicitud de autorización con fines de investigación científica en fauna silvestre con captura temporal, como parte de la investigación titulada *"Determinación Fenotípica de la Resistencia a β -lactámicos y Factores de Virulencia en Enterobacterias Aisladas a partir de Hisopados Cloacales de Paloma (Columba Livia) en el distrito de San Sebastián - Cusco - 2024"* a colectarse en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco; y todo lo actuado en el expediente administrativo.

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo, en su artículo 68° establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica.

Que, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece en su artículo 9°, referido a la investigación científica, que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Asimismo, promueve la información y el conocimiento sobre los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación en materia de recursos naturales.

Que, el artículo 13° de la Ley N° 29763, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego. Asimismo, se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR), y se constituye en su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito.

Que, el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, aprobado mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, y modificado mediante el D.S. N° 016-2014-MINAGRI, establece en su primera Disposición Complementaria Transitoria que, las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (en adelante, ATFFS) se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR, con pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego, hoy Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

Que, el artículo 137° de la precitada Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, declara de Interés nacional realizar la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación.

Que, mediante Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, se aprobó el Reglamento para la Gestión de la Fauna Silvestre, el mismo que en el artículo 134°, numeral 134.1°, menciona que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones.

Esta resolución es pública a través de un documento electrónico emitido por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, con la siguiente dirección:
por el Art. 25 de D.S. 007-2014-PE/MYM Ten en cuenta Dirección General de Asesoría y Apoyo al Gobierno Local, en adelante el documento de gestión
se contrastará a través de la siguiente dirección web: <http://sgd.serfor.gub.pe/validadordocumental/> Código:
OPKGUPK

salvaguardando los derechos del país, respecto a su patrimonio genético nativo; así mismo en el numeral 134.2* señala que las ARFFS otorgan autorizaciones con fines de investigación científica, que impliquen la utilización de métodos directos o indirectos para especies no categorizadas como amenazadas, no listadas en los Apéndices CITES y que en ningún caso otorgue el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados, de acuerdo con los lineamientos aprobados por el SERFOR para la evaluación de las solicitudes, así como los criterios para la verificación de cumplimiento de los compromisos de los investigadores.

Que, según lo dispuesto por el artículo 140 de la Ley N° 29763, y por el numeral 134.2 del artículo 134 del Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, es competencia del SERFOR la evaluación de la solicitud antes citada.

Que, mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, del 01 de abril del 2016, se aprueban los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre".

Que, en el actual Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA del SERFOR, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2024-MIDAGRI, se contempla el procedimiento administrativo de "Autorización con fines de investigación de flora o fauna silvestre fuera de Áreas Naturales Protegidas para especies no categorizadas como amenazadas y no listadas en los apéndices CITES, cuando la investigación implique un sólo ámbito geográfico regional y que en ningún caso otorgue el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados", así como establece sus requisitos.

Que, mediante escrito ingresado con número de expediente N° 2024-0059356 de fecha 4 de diciembre de 2024, el señor **ANTAURO ARON LUQUE QUISPE**, identificado con DNI N° 75314969 y el señor **DYER MARCO CCORI BOLIVAR**, identificado con DNI N° 75677753, en calidad de investigadores principales, solicitaron la autorización con fines de investigación científica en fauna silvestre con captura temporal para la investigación titulada: *"Determinación Fenotípica de la Resistencia a β -lactámicos y Factores de Virulencia en Enterobacterias Aisladas a partir de Hisopados Cloacales de Paloma (Columba Livia) en el distrito de San Sebastián - Cusco - 2024"*, a colectarse en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco; por un periodo de seis (06) meses.

Que, por tanto, la solicitud presentada ha sido evaluada verificando el cumplimiento de los requisitos exigidos en el numeral 9¹ del Anexo N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal y en el TUPA del SERFOR, ello en concordancia con el numeral 6.6 de los Lineamientos aprobados por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, que establece: i) Solicitud con carácter de declaración jurada que contenga información sobre el investigador, según formato; ii) Hoja de vida del investigador principal y plan de investigación, según formato; iii) Carta de presentación de los investigadores participantes, emitida por la institución académica u organización científica nacional o extranjera de procedencia; iv) Documento que acredite el consentimiento informado previo, expedido por la respectiva organización comunal representativa, de corresponder; y v) Documento que

¹ El numeral 9 del Anexo N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal, establece los requisitos para la autorización con fines de investigación de flora, con o sin contrato de acceso a recursos genéticos, conforme la siguiente documentación:

- Solicitud con carácter de declaración jurada dirigida a la autoridad competente, según formato, que contenga hoja de vida del investigador principal, relación de investigadores y el Plan de Investigación.
- Carta de presentación de los investigadores participantes expedida por la institución científica de procedencia.
- Documento que acredite el consentimiento informado previo, expedido por la respectiva organización comunal representativa, de corresponder.
- Documento que acredite el acuerdo entre las instituciones que respaldan a los investigadores nacionales y extranjeros, en caso la solicitud sea presentada por un investigador extranjero.

Valores que usualmente se insertan en el documento electrónico actualizado de FSE de la entidad y del FSE de la entidad, según lo dispuesto por el Art. 27 de D.S. 049-09-1-PH y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 049-2010-PCM. Su verificación se hará sobre los documentos a través de la siguiente dirección web: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: OPRGUPX

acredite el acuerdo entre las instituciones que respaldan a los investigadores nacionales y extranjeros, en caso la solicitud sea presentada por un investigador extranjero.

Que, el Informe Técnico del visto, concluye que los Administrados reúne las condiciones mínimas para el otorgamiento de la autorización solicitada y que cumple con los requisitos establecidos en el TUPA del SERFOR, en el numeral 9 del Anexo N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal y los Lineamientos aprobados por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, y con los criterios técnicos para llevar a cabo el proyecto denominado *"Determinación Fenotípica de la Resistencia a β -lactámicos y Factores de Virulencia en Enterobacterias Aisladas a partir de Hisopados Cloacales de Paloma (Columba livia) en el distrito de San Sebastián - Cusco - 2024"*, por el período de seis (06) meses, según el cronograma de Trabajo del Plan de Investigación presentado, el cual se realizará en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco.

Que, la investigación tiene como Objetivo General: *"Determinar fenotípicamente la resistencia a β -lactámicos y factores de virulencia, en Enterobacterias aislada a partir de hisopados cloacales de palomas (Columba livia) del distrito de San Sebastián (Cusco); y como Objetivos específicos: "Aislar e identificar cepas de Enterobacterias a partir de hisopados cloacales de palomas (Columba livia), "Determinar la resistencia a β -lactámicos por el método de Kirby-Bauer en cepas de Enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (Columba livia), "Determinar la confirmación fenotípica β -lactamasas de espectro extendido (BLEE's) y de carbapenemasas, en cepas de Enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de palomas (Columba livia); y "Determinar fenotípicamente factores de virulencia, en cepas de Enterobacterias aisladas.*

Que, respecto a la justificación del proyecto, el Administrado esquematiza su importancia en la salud pública, realizar investigación sobre si las "palomas" (Columba livia) juegan un rol significativo en la transmisión de Enterobacterias patógenas resistentes a antibióticos, así como en la determinación de sus factores de virulencias. Asimismo, señalan que, las palomas al ser aves urbanas ampliamente distribuidas, actúan como reservorios y vectores de bacterias resistentes, facilitando su propagación en entornos urbanos y rurales. Además, el contacto frecuente de estas aves con el entorno humano y otros animales son riesgo significativo para la salud pública y veterinaria.

Que, en cuanto a los métodos y técnicas a utilizar, esta consiste en: (i) Captura de 96 palomas utilizando trampas TomaHawk, según tamaño muestral; (ii) Sujeción manual para toma de muestra por hisopado cloacal; (iii) Enriquecimiento en Caldo Selenito y caldo BHI; (iv) Siembra en agar MacConkey y agar SS; (v) Identificación con pruebas bioquímicas y tinción GRAM; (vi) Cribado preliminar con difusión de discos en agar Mueller-Hinton; (vii) Confirmación fenotípica de β -lactámicos (beta-lactamasas de espectro extendido y carbapenemasas; y (viii) Confirmación fenotípica de factores de virulencia.

Que, conforme a los objetivos, métodos y técnicas detallados en el Plan de Investigación presentado, así como los plazos establecidos en el cronograma del proyecto, analizados en el Informe Técnico N° D000011-2025-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO de fecha 14 de enero de 2025, es pertinente otorgar la autorización con fines de investigación científica en fauna silvestre con captura temporal, al señor **ANTAURO ARON LUQUE QUISPE**, identificado con DNI N° 75314969 y al señor **DYER MARCO CCORI BOLIVAR**, identificado con DNI N° 75677753, como investigadores principales, para la ejecución del proyecto titulado *"Determinación Fenotípica de la Resistencia a β -lactámicos y Factores de Virulencia en Enterobacterias Aisladas a partir de Hisopados Cloacales de Paloma (Columba livia) en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco - 2024"*.

Que, de conformidad a lo dispuesto en la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre; el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo

El presente es copia para efectos de verificación de la autenticidad de la información contenida en el documento original y no tiene validez jurídica por sí misma. Para más información, consulte el sitio web del SERFOR: <http://portal.serfor.gob.pe/> o al correo electrónico: atffs@serfor.gob.pe.
En cumplimiento de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, se declara que el presente documento es una copia para efectos de verificación de la autenticidad de la información contenida en el documento original y no tiene validez jurídica por sí misma. Para más información, consulte el sitio web del SERFOR: <http://portal.serfor.gob.pe/> o al correo electrónico: atffs@serfor.gob.pe.
OPKGP/K

N° 019-2015-MINAGRI; el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General aprobado con Decreto Supremo N° 004-2019-JUS; el Decreto Supremo N° 007-2013- MINAGRI, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, modificado mediante Decreto Supremo N° 016-2014- MINAGRI, en el cual incorpora a las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre como Órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR y la Resolución de Dirección Ejecutiva N° D00160-2024-MIDAGRI-SERFOR-DE.

SE RESUELVE:

Artículo 1°. - Otorgar la autorización con fines de investigación científica en fauna silvestre con captura temporal, al señor **ANTAURO ARON LUQUE QUISPE**, identificado con DNI N° 75314969 y al señor **DYER MARCO CCORI BOLIVAR**, identificado con DNI N° 75677753 para la realización de la investigación científica titulada: *"Determinación Fenotípica de la Resistencia a β -lactámicos y Factores de Virulencia en Enterobacterias Aisladas a partir de Hisopados Cloacales de Paloma (Columba Livia) en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco - 2024"* en la que participarán como investigadores principales, en virtud de las consideraciones antes expuestas, correspondiéndole el Código de Autorización N° **08-CUS-AUT-IFL-2025-002**.

Artículo 2°. - El desarrollo de la investigación científica autorizada se circunscribe a los alrededores del distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco, fuera de áreas naturales protegidas y de territorios de comunidades campesinas y nativas, de acuerdo con las coordenadas referenciales detalladas en el Plan de Investigación presentado.

Artículo 3°. - La investigación científica autorizada incluye la colecta de especies de flora silvestre a realizarse en las localidades señaladas en el artículo anterior, fuera de Áreas Naturales Protegidas y por el período señalado en el Plan de Investigación presentado.

Artículo 4°. - En mérito a la autorización que precede, la titular se encuentra sujeta al cumplimiento del cronograma de trabajo del Plan de Investigación aprobado, por el periodo comprendido de seis (06) meses, contados a partir del día siguiente de la notificación de la presente Resolución.

Artículo 5°. - Autorizar la participación de los investigadores propuestos por el titular para integrar el equipo de investigación, el cual queda conformado según se indica a continuación:

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	TIPO DE DOCUMENTO	N° DNI	PARTICIPACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN
1	ANTAURO ARON LUQUE QUISPE	DNI	75314969	Investigador principal
2	DYER MARCO CCORI BOLIVAR	DNI	75677753	Investigador principal
3	ELSA GLADYS AGUILAR ANCORI	DNI	23859957	Docente Investigador - Asesor

Artículo 6°. - Los titulares de la autorización tiene las siguientes obligaciones:

- No extraer especímenes, ni muestras biológicas de flora silvestre no autorizada, no ceder los mismos a terceras personas, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.
- No contactar ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes.
- Retirar todo el material empleado para la ejecución del presente estudio una vez

Esta es una copia auténtica impresa de un documento electrónico almacenado en el reposo digital de Fauna Silvestre, publicada de acuerdo al artículo 25 de la Ley 093-2011 L.O.M. y la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública (L.TAIP) de la Ley 095-2011, la cual garantiza la integridad, certeza y confidencialidad de los datos de la siguiente dirección web: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: DPMGUPK.

terminado el trabajo de campo y levantamiento de información biológica.

- d) En caso corresponda, depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como entregar a la ATFFS Cusco la constancia de dicho depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito se podrá realizar en una institución distinta a la mencionada para ellos se requiere la autorización del SERFOR.
- e) Solo en el caso que por razones científicas acotadas se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, el interesado deberá gestionar el correspondiente permiso de exportación ante la Dirección General Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo. Los ejemplares únicos de los grupos taxonómicos colectados y holotipos solo podrán ser exportados en calidad de préstamo.
- f) Entregar a la ATFFS Cusco una (01) copia del informe final en idioma español (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que pueda ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- g) El informe final deberá contener una lista taxonómica de las especies objeto de la presente autorización de colecta, en formato MS Excel. Esta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17,18 o 19). Asimismo, incluir los datos de colecta de cada espécimen. El informe final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente resolución.
- h) El plazo de cumplimiento de lo señalado en el literal d) y g) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización.
- i) Solicitar anticipadamente a la ATFFS Cusco y dentro del plazo de vigencia de la resolución, cualquier cambio en las características de la investigación aprobada, que demanden la modificación de la presente resolución.
- j) Indicar el número de la resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.

Artículo 7°. - Exhortar a los titulares de la presente autorización, cumplir en estricto con las disposiciones legales en materia forestal y de fauna silvestre, caso contrario se procederá a instaurar procedimiento administrativo sancionador.

Artículo 8°. - Los titulares deberán implementar todas las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se puedan producir por las actividades propias de la fase de campo, como toma de datos, tratamiento y transporte de muestras, transporte de equipos, personal, entre otros.

Artículo 9º. - Los derechos otorgados a través de la presente autorización, no eximen a la titular de contar con la autorización respectiva para el ingreso a territorios de comunidades nativas o comunidades campesinas, ANP, predios privados ni áreas comprendidas en títulos habilitantes, por lo que es responsabilidad de la titular obtener las citadas autorizaciones.

Artículo 10°.- La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cusco del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por la solicitante durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar al Proyecto de Investigación, los cambios a que hubiese lugar en los casos en que se dicten nuevas disposiciones legales o se formulen ajustes sobre la presente autorización.

Artículo 11*. - Informar que el incumplimiento de los compromisos adquiridos podrá ser causal para denegar futuras autorizaciones a nivel institucional.

Firma y sello digital autógrafo e imprimible del documento electrónico con validez de la transacción de la cual consta el presente certificado de inscripción por Art. 76 del D.S. Nº 001-2011-PJ/MJ y la Ley sobre Disposiciones Causales para el D.V., Dte. 2º de P.M. Se puede validar el original digitalizado en cualquier momento a través de la siguiente dirección web: URL: <https://sgd.verfor.gob.pe/validadorDocumental/>. #CeroOPKGLINK

Artículo 12°.- Notificar la presente Resolución y el Informe Técnico N° D000011-2025-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO de fecha 14 de enero de 2025, al señor **ANTAURO ARON LUQUE QUISPE** y al señor **DYER MARCO CCORI BOLIVAR**, para su conocimiento y fines.

Artículo 13°.- Remitir la presente resolución y el Informe Técnico N° D000011-2025-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, para su correspondiente registro; así como, a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre.

Artículo 14°.- Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: www.gob.pe/serfor

Regístrese y comuníquese.

Documento firmado digitalmente
EDWIN MALDONADO NINA
ADMINISTRADOR TECNICO
ATFFS - CUSCO

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Uri: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: **OPKGUPK**

ANEXO 8

Oficio del Comité de Bioética Institucional y Sub comités de Bioética de la UNSAAC



Comité de Bioética Institucional y Sub Comités de Bioética de la UNSAAC

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana".

Cusco, 03 de octubre del 2025

Oficio virtual N° 011-2025-CBI-VRIN-UNSAAC

Sr. Bach. CCORI-BOLIVAR-DYER MARCO - responsable

Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

ASUNTO : Informe sobre exención de aspectos bioéticos del proyecto de investigación.

Ref : **Exp. 817591**

De mi mayor consideración:

Previo un cordial y atento saludo, el presente es para remitir a usted el informe **CBI-UNSAAC2025-11** de la revisión de los aspectos bioéticos al trabajo de investigación "Determinación fenotípica de la resistencia a β -lactámicos y factores de virulencia en enterobacterias aisladas a partir de hisopados cloacales de paloma (*columba livia*) en el distrito de San Sebastián – Cusco - 2024".

En la revisión del trabajo de investigación han participado los miembros del CBI- UNSAAC y los miembros del Subcomité de Bioética de Estudios con Animales, Vegetales y/o material Genético no Humano.

Sin otro particular, uso de la ocasión para expresar las consideraciones de nuestra estima personal.

Atentamente,

Fdo. Dra. Tatiana Del Castillo de Loayza.
Presidente del Comité de Bioética Institucional de la UNSAAC
comite.bioetica@unsaac.edu.pe

C.C. VRIN
/Archivo
/TDL

ANEXO 9. Evidencia fotográfica

A. Marcaje en las alas para diferenciación de especímenes y procedencia de muestra.

Figura 17

Recorte siguiendo un patron específico en las alas de palomas (*Columba livia*) para el marcaje.

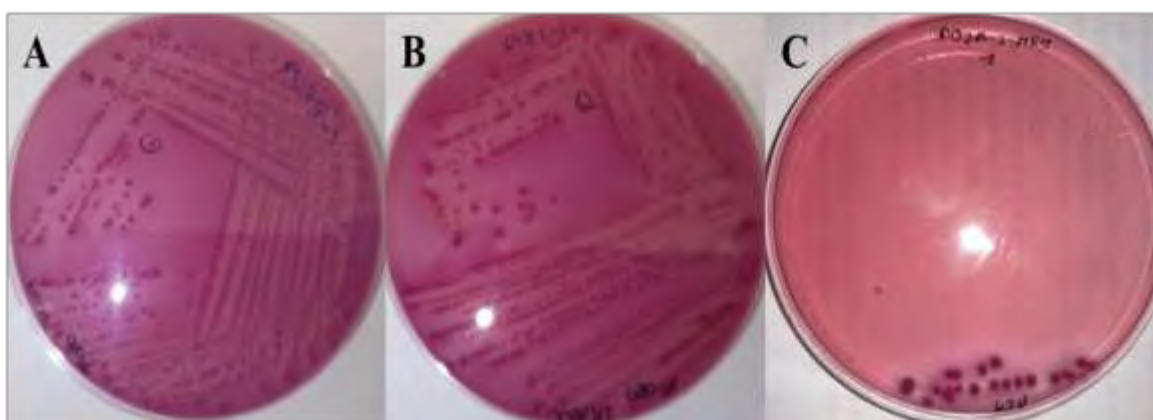


Nota: Recorte de las alas en las palomas capturadas, que permite la identificación de la procedencia de la paloma y evita la captura de un mismo ejemplar.

B. Aislamiento de enterobacterias en MacConkey sin antibioticos y con antibioticos (CRO 4 mg/L y MEM 1 mg/L)

Figura 18

Aislamiento de colonias de enterobacterias resistentes a β -lactámicos a partir de *palomas* (*Columba livia*) con y sin antibioticos.

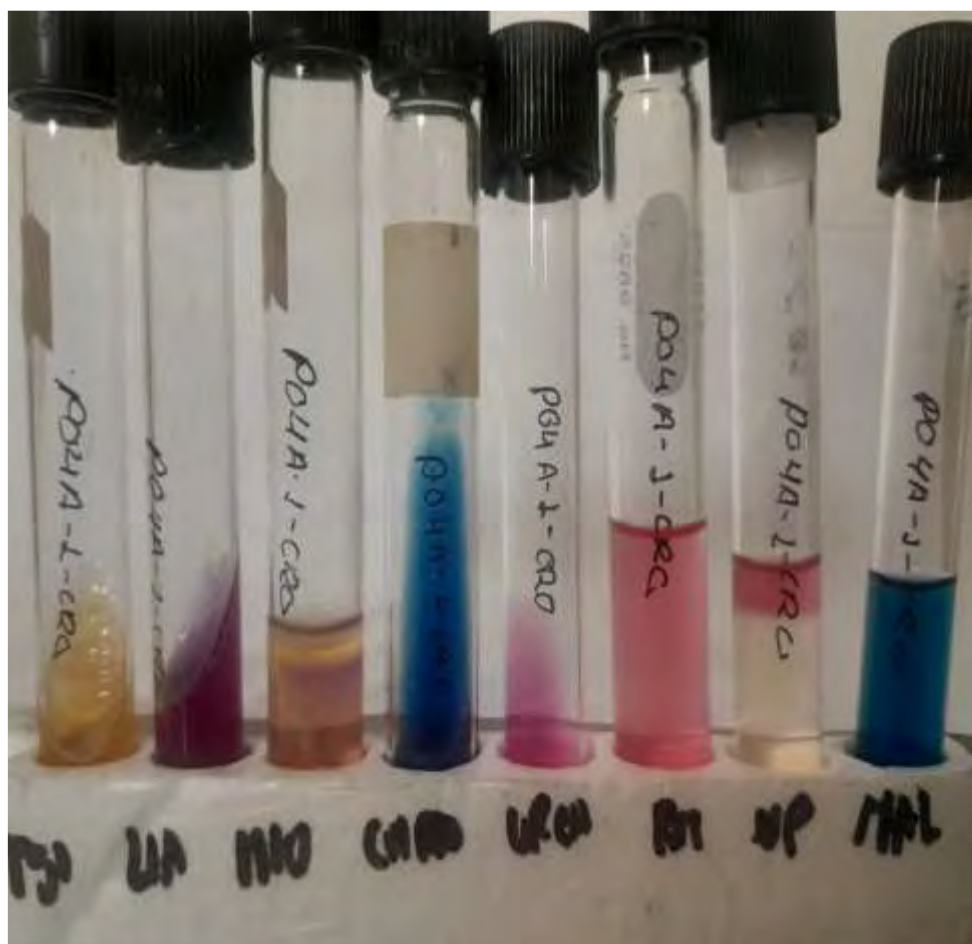


Nota: **A:** Aislamiento de enterobacterias en placa de agar MacConkey sin suplemento de antibióticos, **B:** Aislamiento de enterobacterias resistentes a β -lactámicos en placa de agar MacConkey con suplemento antimicrobiano (CRO, 4 mg/L), **C:** Aislamiento de enterobacteria en placa de agar MacConkey con suplemento antimicrobiano (MEM, 1mg/L).

C. Identificación bioquímica de *Klebsiella pneumoniae*

Figura 19

Identificación bioquímica correspondiente a *Klebsiella pneumoniae* resistentes a β -lactámicos aislada a partir de palomas (*Columba livia*) a partir de hisopados cloacales, procedente del distrito de San Sebastian, 2025.

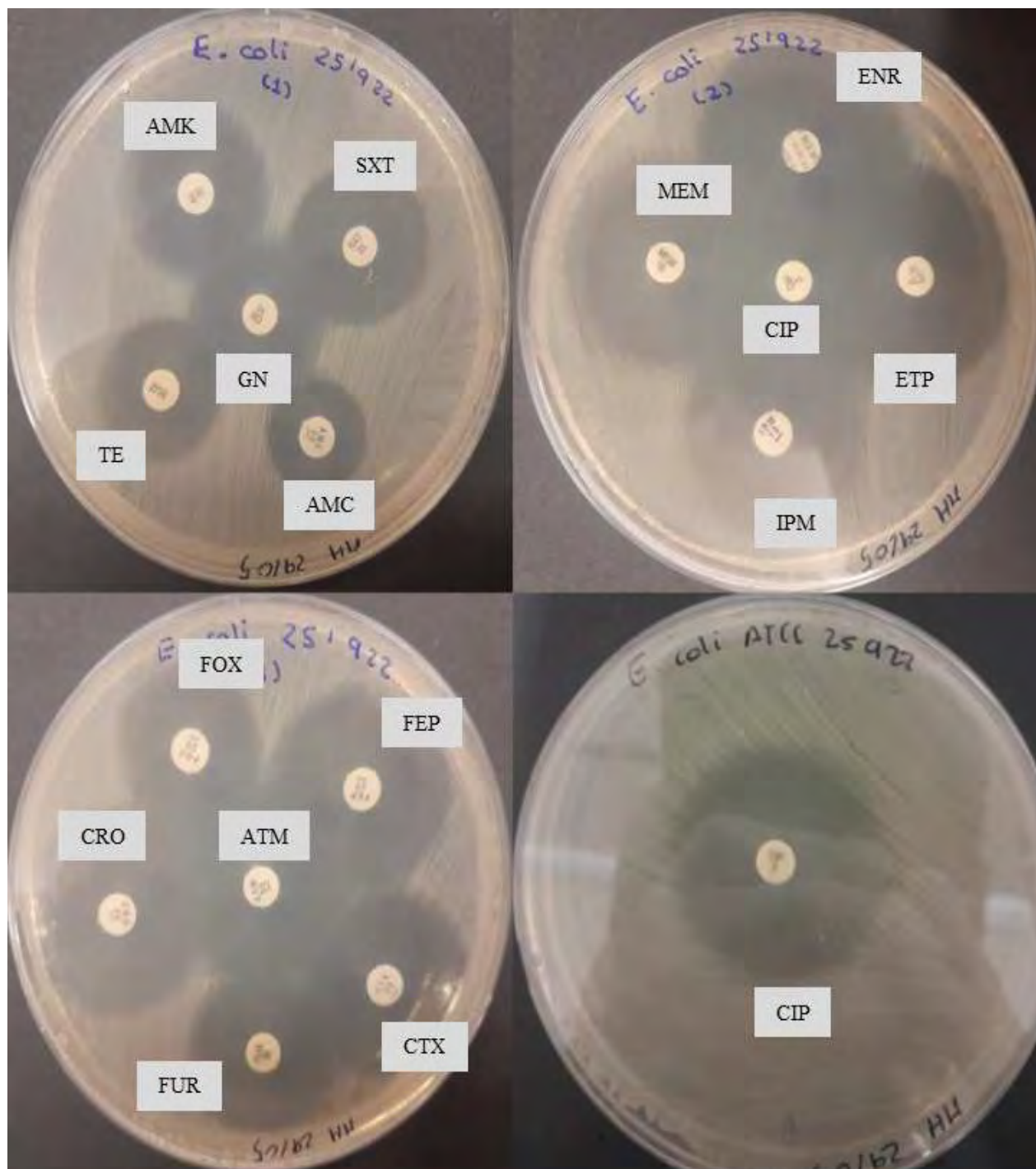


Nota: Se muestra la identificación bioquímica de *Klebsiella pneumoniae*: **TSI:** A/A, producción de gas; **LIA:** K/K sin producción de gas; **MIO:** movilidad negativa, Indol negativo, Ornitina negativa; Urea: Positiva; Citrato: Positivo; RM: Positivo; VP: Positivo; malonato: Positivo.

D. Control de calidad de discos para la realización del antibiograma en Mueller-Hinton.

Figura 20

Control de antibiograma utilizando una cepa control *Escherichia coli* ATCC 25922

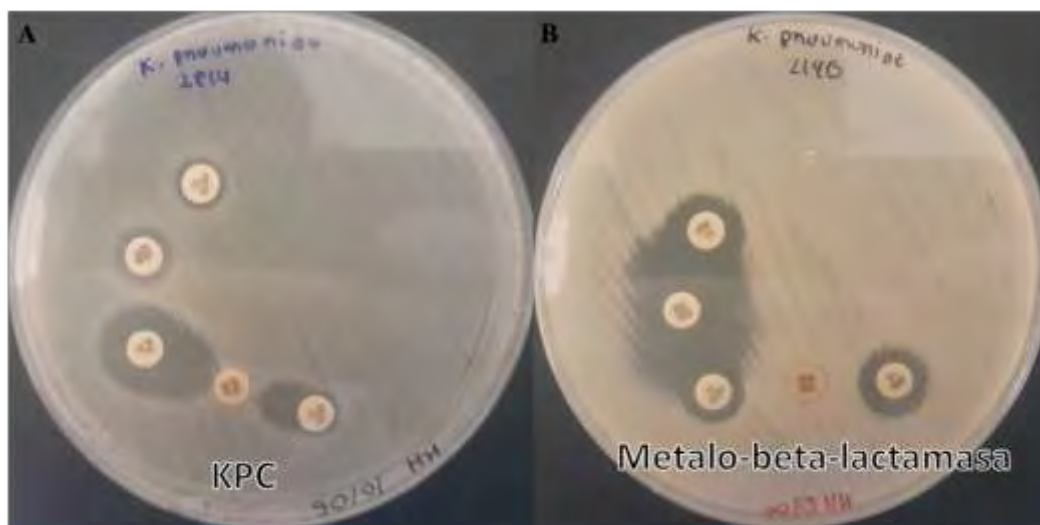


Nota: En la figura 20, se muestra el antibiograma de una cepa control de *Escherichia coli* ATCC 25922, el cual se utilizó para ver la calidad de los discos y del medio Mueller-Hinton que se utilizó, se usaron los puntos de corte del CLSI, 2025 (Ver Anexo 5) para corroborar la sensibilidad y resistencia a los distintos antibióticos que se utilizaron durante el trabajo de esta investigación, validando la realización de las pruebas.

E. Controles para la confirmación fenotípica de carbapenemasas

Figura 21

Controles para la confirmación de producción de carbapenemasas.

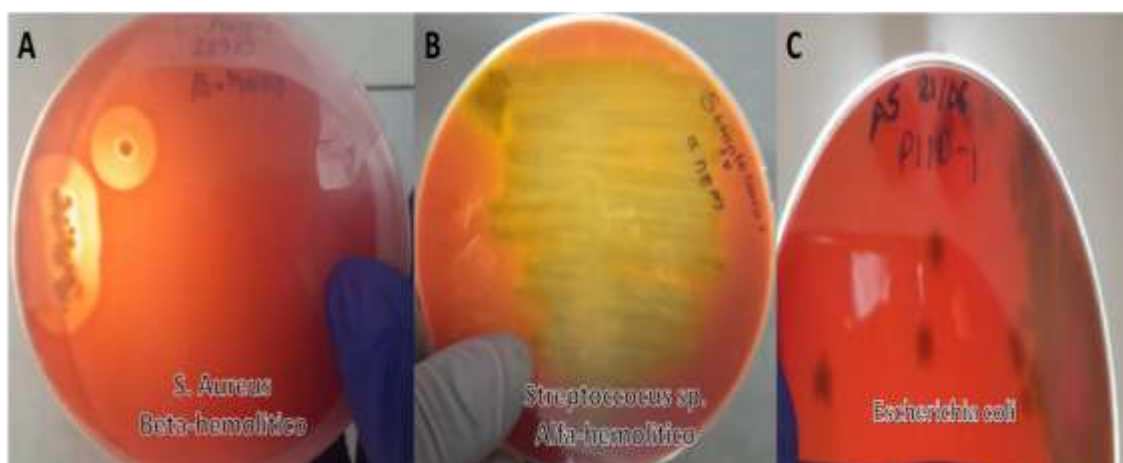


Nota: En la figura 21, se muestran distintos tipos de producción de carbapenemasas, siendo la figura A a una cepa de *Klebsiella pneumoniae* BAA 2814 productora de carbapenemasa de tipo A (KPC) y la figura B una cepa de *Klebsiella pneumoniae* BAA 2146 productora de carbapenemasas de tipo B (MBL), los cuales se utilizaron para validar las pruebas de confirmación fenotípicas de carbapenemasas que se utilizaron en esta investigación.

F. Presencia de factores de virulencia utilizando controles positivos y negativos.

Figura 22

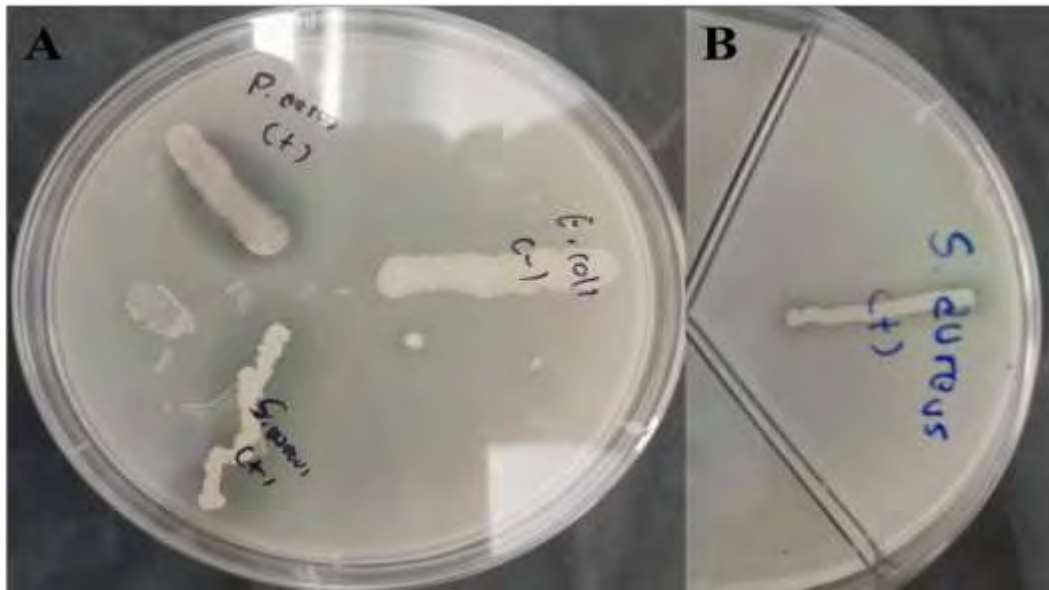
Presencia de actividad hemolíticas en agar sangre de carnero al 5%.



Nota: En la figura 22, se muestran los distintos tipos de hemolisis de enterobacterias, siendo la figura A y B controles positivos de hemolisis alfa y β respectivamente y la figura C una enterobacteria resistente a β -lactámicos aislada a partir de hisopado cloacal de paloma. **A:** B-hemolisis de *S. aureus* ATCC 25923, **B:** Alfa-hemolisis de *Streptococcus* sp, **C:** gamma-hemolisis de *Escherichia coli* resistente a β -lactámicos aislada a partir de hisopado cloacal de paloma (*Columba livia*).

Figura 23

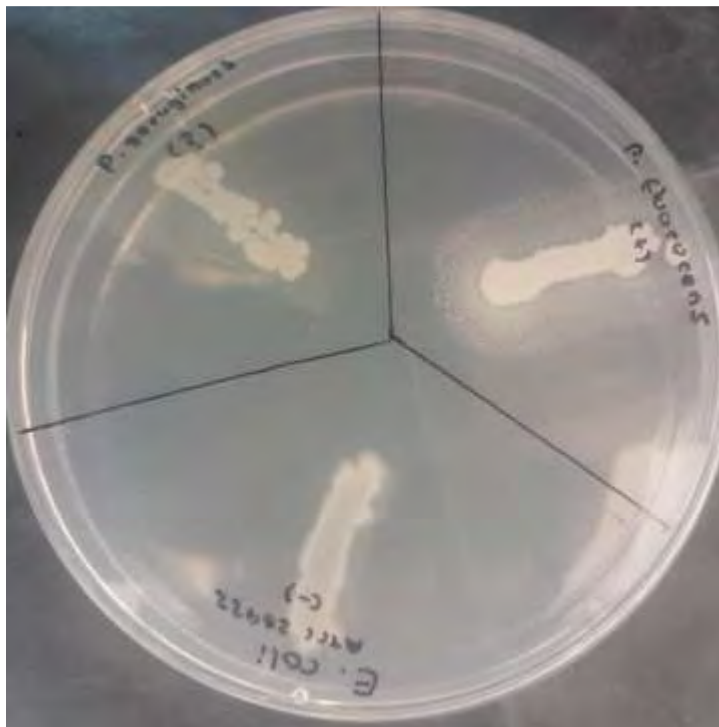
Confirmación de lisis de gelatina en agar Gelatina al 3%.



Nota: **A:** Lisis de gelatina en *P. aeruginosa* ATCC 27853 y *S. aureus* ATCC 25923 y lisis negativa en *Escherichia coli* ATCC 25922 **B:** Lisis positiva en cepa control de *S. aureus* ATCC 25923, se observa el halo de lisis alrededor de las colonias.

Figura 24

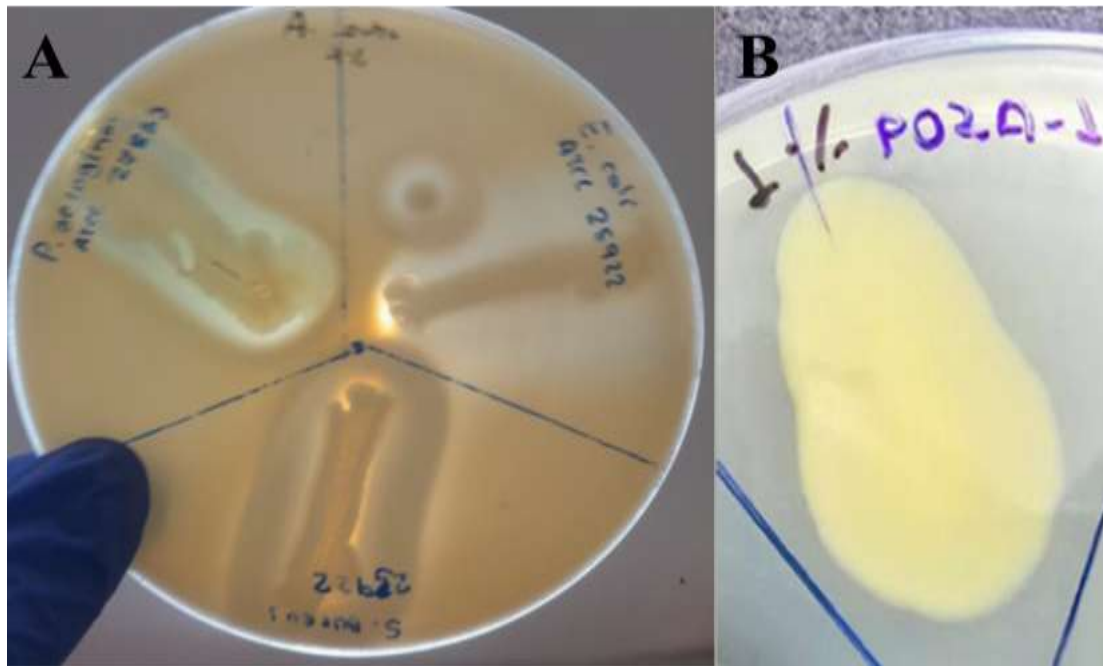
Confirmación de lisis de lípidos en agar Tween 80°.



Nota: En la figura 24, se muestra la producción lipasas en la cepa control *Pseudomonas fluorescens* ATCC 13525, mientras los controles negativos correspondieron a cepas de *P. aeruginosa* ATCC 27853 y *Escherichia coli* ATCC 25922.

Figura 25

Confirmación de lisis de caseína en agar leche al 1%



Nota: En la figura 25, se muestra la producción proteasas (caseinasas), siendo la figura A controles positivos de producción de caseinasa con cepas control de *P. aeruginosa* ATCC 27853 y *S. aureus* ATCC 2593. **A:** Producción caseinasa positiva, **B:** Producción de caseinasa negativa de *Klebsiella pneumoniae* resistente a β -lactámicos aislada partir de hisopado cloacal de paloma (*Columba livia*).