



Detección de *Escherichia coli* productora de BLEE en carne de pollo frescas de mercados locales de Salaverry, Perú (2024)

Detection of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing *Escherichia coli* in fresh chicken meat from local markets in Salaverry, Peru (2024)

Ana Sabogal-Vargas ^{1*}, Raúl Castro-Angulo ², Waldo Salvatierra-Espinola ³

¹ Escuela de Medicina, Universidad César Vallejo, Trujillo 13001, Perú.

² Facultad de Ciencia Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú

³ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad César Vallejo, Trujillo 13001, Perú.

Ana. Sabogal-Vargas:

 <https://orcid.org/0000-0001-9374-1948>

Raúl Castro-Angulo:

 <https://orcid.org/0000-0003-0869-5073>

Waldo. Salvatierra-Espinola:

 <https://orcid.org/0000-0002-6751-102X>

Artículo Original

Recibido: 01 de julio de 2024

Aceptado: 17 de setiembre de 2024

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la presencia de *Escherichia coli* productora de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en carne de pollo fresca comercializada en mercados del distrito de Salaverry (Trujillo, Perú) durante 2024. Se analizaron 50 muestras mediante aislamiento microbiológico en agar MacConkey y agar soya tripticasa. La susceptibilidad antimicrobiana se evaluó mediante el método de Kirby-Bauer y la detección fenotípica de BLEE se realizó según Jarlier. La identificación bioquímica incluyó pruebas en agar hierro triple azúcar, lisina, sulfuro-indol-motilidad, citrato de Simons y urea. Las cepas confirmadas fueron identificadas mediante el sistema automatizado Vitek 2 Compact. El 100 % de los aislamientos productores de BLEE correspondieron a *E. coli*. Se concluye que la carne de pollo comercializada en mercados de Salaverry constituye una fuente potencial de *E. coli* productora de BLEE, lo que representa un riesgo para la salud pública.

Palabras clave: BLEE, *Escherichia coli*, enterobacterias, carne de pollo, mercados.

Abstract

This study aimed to determine the presence of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing *Escherichia coli* in fresh chicken meat marketed in local markets of Salaverry district (Trujillo, Peru) during 2024. A total of 50 samples were analyzed using microbiological isolation on MacConkey agar and tryptic soy agar. Antimicrobial susceptibility was assessed using the Kirby-Bauer method, and ESBL production was detected following the Jarlier method. Biochemical identification included triple sugar iron agar, lysine iron agar, sulfide-indole-motility medium, Simmons citrate, and urea agar tests. Confirmed isolates were identified using the automated Vitek 2 Compact system. Results showed that 100% of ESBL-producing isolates corresponded to *E. coli*. It is concluded that chicken meat marketed in Salaverry represents a potential source of ESBL-producing *E. coli* posing a public health risk.

Keywords: ESBL, *Escherichia coli*, Enterobacteriaceae, chicken meat, markets.

*Autor para correspondencia: E. mail: amsabogalva@unitru.edu.pe

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2024.44.02.13>

Citar como:

Sabogal-Vargas, A., Castro-Angulo, R., & Salvatierra-Espinola, W. (2024). Detección de *Escherichia coli* productora de BLEE en carne de pollo frescas de mercados locales de Salaverry, Perú (2024). *REBIOL*, 44(2), 96-105.



1. Introducción

El incremento sostenido de la resistencia bacteriana a los agentes antimicrobianos constituye uno de los principales desafíos para la práctica clínica contemporánea, debido a su impacto directo en la eficacia terapéutica, la prolongación de las enfermedades infecciosas y el aumento de la morbimortalidad a nivel global. Se estima que las infecciones asociadas a bacterias resistentes causan aproximadamente 700,000 muertes anuales, con proyecciones que podrían superar los 10 millones de defunciones para el año 2050, configurándose como una amenaza crítica para la salud pública mundial (Marrero et al., 2018; Sawa et al., 2020; Huemer et al., 2020).

Entre los mecanismos de resistencia más relevantes destacan las betalactamasas de espectro extendido (BLEE), enzimas capaces de hidrolizar antibióticos betalactámicos como penicilinas, cefalosporinas de primera a tercera generación (con excepción de las cefamicinas) y aztreonam, lo que limita significativamente las opciones terapéuticas disponibles (Castanheira et al., 2021; Kürekci et al., 2023; Ribeiro et al., 2024). Asimismo, las bacterias productoras de BLEE suelen presentar resistencia concomitante a otras clases de antimicrobianos, incluyendo quinolonas, aminoglucósidos y cotrimoxazol, lo que agrava el problema de multirresistencia (Astocondor-Salazar, 2018; Canabal & Gonzalez-Bello, 2024; Huemer et al., 2020; Rojas et al., 2021).

En América Latina, el reporte de BLEE se remonta a la década de 1990 y, desde entonces, se han consolidado como el principal mecanismo de resistencia en bacterias Gram negativas, especialmente en enterobacterias (Canabal & Gonzalez-Bello, 2024; Rada et al., 2019). En este contexto, *Escherichia coli* representa uno de los principales patógenos involucrados, cuyo tratamiento se ha complejizado progresivamente debido a la emergencia y diseminación de cepas productoras de estas enzimas (Pinguil et al., 2022).

Cabe destacar que *E. coli* ha dejado de ser un microorganismo restringido al ámbito hospitalario, evidenciándose su presencia en diversos reservorios ambientales como agua, suelo y animales. En este sentido, múltiples investigaciones han señalado que los productos de origen animal, particularmente la carne de aves, constituyen una vía relevante para la introducción y diseminación de cepas productoras de BLEE en la población humana, especialmente a través de su consumo (Martínez et al., 2022).

Diversos estudios han documentado esta problemática en matrices alimentarias. Por ejemplo, Kaesbohrer et al. (2019) evaluaron la prevalencia de *E. coli* productora de BLEE en Alemania en muestras de carne de aves, cerdo, res y otros alimentos, reportando una mayor prevalencia en carne de pollo (74.9%), seguida de carne de pavo (40.1%), mientras que en otros productos se observaron porcentajes considerablemente menores. En el contexto peruano, Ruiz-Roldán et al. (2018) analizaron carne de pollo comercializada en mercados de Lima, evidenciando altos niveles de resistencia antimicrobiana en enterobacterias, así como una prevalencia de 59.4% de *E. coli* productoras de BLEE. De manera complementaria, Huamán y Gonzales (2019) aislaron 163 cepas de *E. coli* productoras de BLEE a partir de 200 muestras de hisopado cloacal en pollos vivos provenientes de centros de acopio en Lima. Asimismo, Cortez-Sandoval et al. (2022) identificaron 12 cepas de enterobacterias productoras de BLEE en muestras de carne de pollo comercializadas en mercados de Santiago de Surco, de las cuales 8 correspondieron a *E. coli*.

Considerando que los antibióticos β -lactámicos se encuentran entre los más utilizados en la práctica clínica debido a su eficacia y disponibilidad, el incremento de la resistencia mediada por BLEE en enterobacterias representa un problema de creciente magnitud, ya que compromete la efectividad de los tratamientos y limita las alternativas terapéuticas disponibles (Rojas et al., 2021). Adicionalmente, la transmisión de enterobacterias productoras de BLEE, como *E. coli*, puede ocurrir a través del consumo de alimentos contaminados o insuficientemente cocidos, así como por contacto directo con animales o individuos portadores, lo que favorece su diseminación en la comunidad (Cortez-Sandoval, 2022). En el Perú, los estudios sobre *E. coli* productoras de BLEE en alimentos aún son limitados, lo que evidencia la necesidad de generar información actualizada sobre su presencia en productos de consumo masivo, como la carne de pollo. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar la presencia de *E. coli* productora de BLEE en muestras de carne de pollo fresca comercializada en mercados del distrito de Salaverry, La Libertad, durante el año 2024.

2. Materiales y Métodos

Muestra biológica

Las muestras biológicas consistieron en carne de pollo fresca comercializada en diferentes puntos de venta de los mercados del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Se recolectaron 50 muestras mediante muestreo aleatorio en tres campañas de muestreo, siguiendo el Manual de análisis microbiológico de alimentos de la Dirección General de Salud Ambiental (2001). Los mercados incluidos fueron el Mercado Municipal de Abastos de Salaverry, el Mercado Municipal de Alto Salaverry y el Mercado Central de Alto Salaverry. Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración (4 °C) hacia los laboratorios de la Escuela de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Trujillo, y procesadas en un tiempo no mayor a 24 horas posteriores a su recolección.

Enriquecimiento de las muestras

Cada muestra (10 g) fue colocada en bolsas estériles con cierre hermético y homogeneizada con 90 mL de caldo peptonado estéril para su preenriquecimiento. Posteriormente, se incubaron a 37 °C durante 24 horas en condiciones asépticas (Ortega & Morales, 2021).

Aislamiento e identificación de enterobacterias lactosa positivas

Los cultivos enriquecidos fueron sembrados mediante la técnica de estriado en placas con agar MacConkey e incubados a 37 °C durante 18–24 horas. Tras la incubación, se evaluaron las características coloniales, considerándose como fermentadoras de lactosa (L+) aquellas colonias de color rosado a rojizo, mientras que las colonias incoloras o del color del medio se clasificaron como no fermentadoras (L-). Se seleccionaron las colonias con características compatibles con enterobacterias lactosa positivas para su posterior análisis (Rodríguez & Zhurbenko, 2018; Ortega & Morales, 2021).

Evaluación de la susceptibilidad antimicrobiana

A partir de cultivos puros de 24 horas obtenidos de las cepas lactosa positivas, se evaluó la susceptibilidad antimicrobiana mediante el método de difusión en disco (Kirby-Bauer) (Ahmed et al., 2022; Bauer et al., 1966; McCarley & Becerra, 2025). Se emplearon cuatro antibióticos: ceftazidima (30 µg), cefotaxima (30 µg), ceftriaxona (30 µg) y aztreonam (30 µg). Todas las pruebas se realizaron por triplicado. Se consideró como resultado presuntivo de producción de BLEE cuando los diámetros de inhibición fueron menores a 27 mm para aztreonam, 22 mm para ceftazidima, 27 mm para cefotaxima y 25 mm para ceftriaxona (Instituto Nacional de Salud, 2002).

Detección de *E. coli* productora de BLEE

La detección fenotípica de BLEE se realizó mediante el método de sinergia de doble disco descrito por Jarlier. En placas con agar Mueller-Hinton se colocó un disco de amoxicilina/ácido clavulánico (30 µg) en el centro, rodeado por discos de ceftazidima, cefotaxima, ceftriaxona y aztreonam, a una distancia aproximada de 20 mm. Se consideró resultado positivo cuando se evidenció un efecto de sinergia entre los discos, interpretándose como producción de BLEE (Almansour et al., 2023; Instituto Nacional de Salud, 2002; Conceição et al., 2023; Prat, 2018).

Identificación bioquímica de *Escherichia coli*

Las cepas positivas para BLEE fueron subcultivadas en agar soya tripticasa inclinado e incubadas a 37 °C durante 18–24 horas. Posteriormente, se realizaron pruebas bioquímicas convencionales para la identificación de *E. coli*, incluyendo agar hierro triple azúcar (TSI), agar lisina hierro (LIA), medio sulfuro-indol-motilidad (SIM), agar citrato de Simmons y agar urea. Se seleccionaron aquellas cepas con perfiles bioquímicos compatibles con *E. coli* (Ortega & Morales, 2021; Ruiz-Roldán et al., 2018).

Identificación mediante sistema automatizado Vitek 2 Compact

La confirmación de las cepas identificadas como *E. coli* se realizó mediante el sistema automatizado Vitek 2 Compact en el laboratorio Escalabs.

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron procesados en Microsoft Excel 2019, donde se organizaron y analizaron mediante estadística descriptiva. Los resultados se presentaron en tablas y gráficos para su interpretación.

3. Resultados

Se analizaron un total de 50 muestras de carne de pollo fresca provenientes de tres mercados del distrito de Salaverry. La distribución de los puntos de muestreo y la frecuencia de muestras positivas para *Escherichia coli* productora de BLEE se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Distribución de puestos de mercados muestreados y muestras positivas para E. coli productora de BLEE por establecimiento.

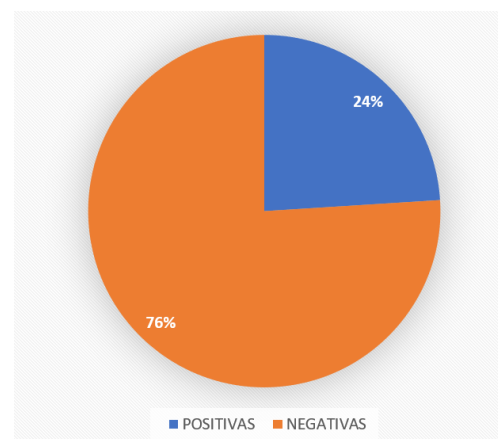
Nombre del establecimiento	Cantidad de puestos muestreados	Cantidad de muestras positivas
Mercado Municipal de Abastos de Salaverry	7	8
Mercado Municipal de Alto Salaverry	1	0
Mercado Central de Alto Salaverry	4	4

Los resultados evidencian una mayor frecuencia de muestras positivas en el Mercado Municipal de Abastos de Salaverry, seguido del Mercado Central de Alto Salaverry, mientras que en el Mercado Municipal de Alto Salaverry no se detectaron aislamientos positivos.

El análisis global mostró la presencia de *E. coli* productora de BLEE en una proporción considerable de las muestras evaluadas, tal como se ilustra en la Figura 1, donde se presenta el porcentaje de muestras contaminadas. Estos resultados evidencian la circulación de cepas resistentes en productos avícolas comercializados en mercados locales.

Figura 1

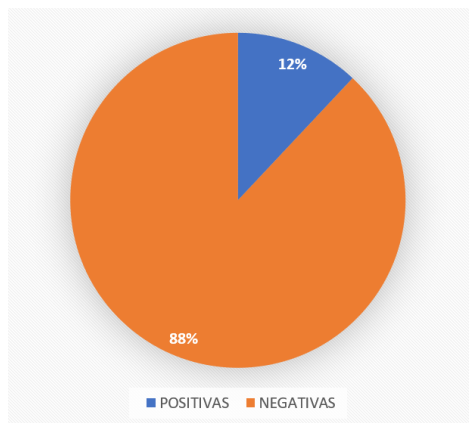
Porcentaje de muestras de carne de pollo fresca con presencia de E.coli BLEE



En la Figura 2 se muestra la proporción de aislamientos identificados como *E. coli* productora de BLEE, evidenciando que la totalidad de las enterobacterias con fenotipo BLEE correspondieron a esta especie bacteriana.

Figura 2

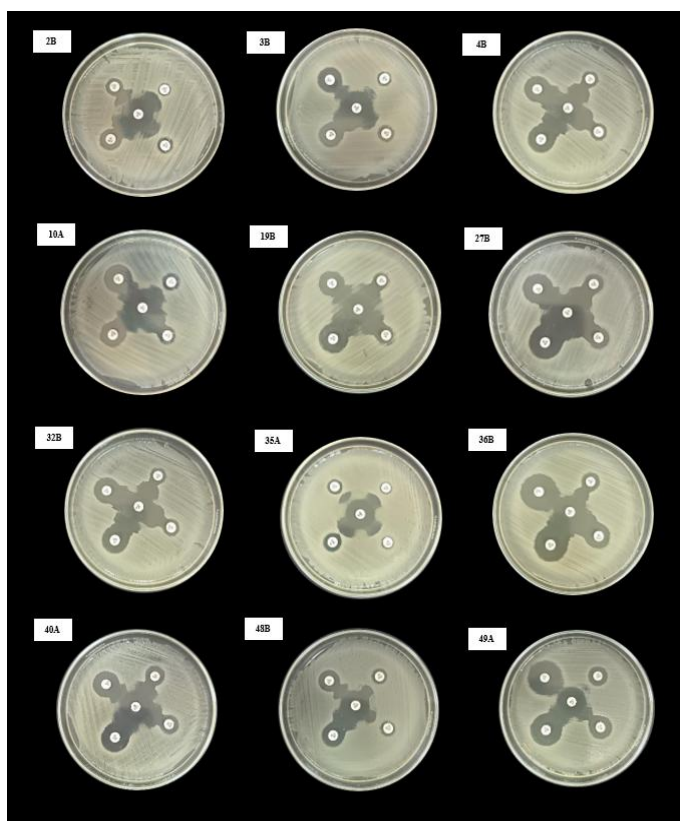
Porcentaje de E. coli BLEE aisladas en carne de pollo frescas



La confirmación fenotípica de la producción de BLEE se realizó mediante el método de Jarlier, observándose un claro efecto de sinergia entre el disco de amoxicilina/ácido clavulánico y los antibióticos evaluados (cefalosporinas y aztreonam), lo cual confirma la presencia de enzimas BLEE en los aislamientos analizados (Figura 3).

Figura 3

Confirmación de producción de BLEE por el método Jarlier mediante la observación de sinergia en los aislamientos de *E. coli* obtenidas de carne de pollo fresca



Finalmente, la identificación automatizada mediante el sistema Vitek 2 Compact confirmó que el 100 % de las cepas presuntivas correspondieron a *Escherichia coli*, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2

Identificación automatizada de enterobacterias BLEE aisladas de carne de pollo fresca mediante el sistema Vitek 2 Compact.

Código de cepa	Identificación
2B	<i>Escherichia coli</i>
3B	<i>Escherichia coli</i>
4B	<i>Escherichia coli</i>
10A	<i>Escherichia coli</i>
19B	<i>Escherichia coli</i>
27B	<i>Escherichia coli</i>
32B	<i>Escherichia coli</i>
35A	<i>Escherichia coli</i>
36B	<i>Escherichia coli</i>
40A	<i>Escherichia coli</i>
48B	<i>Escherichia coli</i>
49A	<i>Escherichia coli</i>

En conjunto, los resultados demuestran la presencia y distribución de *E. coli* productora de BLEE en carne de pollo fresca comercializada en mercados del distrito de Salaverry, evidenciando un patrón consistente de contaminación y confirmando su identificación mediante métodos fenotípicos y automatizados.

4. Discusión

En el presente estudio se detectaron 12 muestras contaminadas con *Escherichia coli* productora de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) a partir de un total de 50 muestras de carne de pollo fresca recolectadas en mercados del distrito de Salaverry, lo que representa una frecuencia del 24 %, tal como se observa en la Figura 1. Este resultado evidencia la presencia de bacterias resistentes en productos avícolas destinados al

consumo humano. Asimismo, la distribución de los aislamientos (Tabla 1) mostró una mayor frecuencia en el Mercado Municipal de Abastos de Salaverry (8/12), seguido del Mercado Central de Alto Salaverry (4/12), mientras que en el Mercado Municipal de Alto Salaverry no se detectaron aislamientos positivos. Esta variabilidad sugiere diferencias en las condiciones higiénico-sanitarias, manipulación del producto o dinámica de comercialización entre establecimientos, factores que podrían influir en la carga microbiana y en la diseminación de bacterias resistentes.

La frecuencia observada en la Figura 1 es inferior a la reportada en otros estudios nacionales e internacionales. Ruiz-Roldán et al. (2018) reportaron una prevalencia de 95.3 % en carne de pollo en Lima, mientras que Dokuta et al. (2025) informaron 69.70 % en Tailandia. De manera similar, Saeed et al. (2023) reportaron 74.23 % en Pakistán y Martínez-Vásquez et al. (2022) un 33.3 % en México. A pesar de ser menor, la frecuencia encontrada en el presente estudio confirma la persistencia de *E. coli* BLEE en la cadena alimentaria, evidenciando que se trata de un problema de distribución global cuya magnitud puede variar según factores locales.

En relación con la Figura 2, se evidenció que el 12 % de los aislamientos bacterianos correspondieron a *E. coli* productora de BLEE. Este hallazgo indica que, aunque no todas las enterobacterias presentes en la carne de pollo son resistentes, existe una proporción significativa con potencial de diseminación de genes de resistencia. En este contexto, incluso porcentajes moderados adquieren relevancia epidemiológica debido a la capacidad de transferencia horizontal de genes hacia bacterias patógenas humanas (Kuntaman et al., 2025), lo que podría amplificar el impacto de la resistencia antimicrobiana.

La confirmación fenotípica de la producción de BLEE, evidenciada en la Figura 3, mostró un claro efecto de

sinergia entre el disco de amoxicilina/ácido clavulánico y los antibióticos betalactámicos evaluados, incluyendo cefotaxima, ceftazidima, ceftriaxona y aztreonam. Este resultado confirma la actividad enzimática característica de las BLEE en las cepas aisladas y concuerda con lo establecido por el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), que recomienda el método de sinergia de doble disco descrito por Jarlier para la detección fenotípica de estas enzimas (Husna et al., 2023). La observación consistente de este patrón en todas las cepas positivas refuerza la validez del diagnóstico microbiológico realizado.

Por otro lado, la identificación automatizada mediante el sistema Vitek 2 Compact (Tabla 2) confirmó que el 100 % de los aislamientos con fenotipo BLEE correspondieron a *E. coli*. Este hallazgo coincide con lo reportado por Cortez-Sandoval et al. (2022) y Ruiz-Roldán et al. (2018), quienes también observaron la predominancia de esta especie en muestras de carne de pollo. La concordancia entre los resultados fenotípicos (Figura 3) y la identificación automatizada (Tabla 2) fortalece la confiabilidad de los resultados obtenidos.

La predominancia de *E. coli* como bacteria productora de BLEE en aves de corral ha sido ampliamente documentada. De acuerdo con Ayinla y Mateus (2023), esta especie constituye uno de los principales reservorios de estas enzimas, lo cual puede explicarse por la presión selectiva derivada del uso intensivo de antibióticos en la producción avícola (Kuntaman et al., 2025). En este sentido, los resultados obtenidos refuerzan la importancia de esta bacteria como indicador microbiológico de resistencia en alimentos de origen animal.

Diversos estudios han demostrado la presencia de *E. coli* BLEE en productos cárnicos destinados al consumo humano, evidenciando un riesgo potencial de transmisión a través de la cadena alimentaria (González-

Aguilar et al., 2022; Husna et al., 2023; Islam et al., 2024). En concordancia con estos reportes, los resultados obtenidos en las Figuras 1 y 2 confirman que la carne de pollo comercializada en mercados locales puede actuar como un reservorio importante de bacterias resistentes.

La presencia de *E. coli* BLEE en carne de pollo puede originarse en diferentes etapas de la cadena productiva. En granjas avícolas, estas bacterias forman parte de la microbiota intestinal de las aves y pueden diseminarse a través de las heces, contaminando el entorno (Lemlem et al., 2024; Li et al., 2022; Ma et al., 2021). Asimismo, la exposición a aerosoles contaminados ha sido descrita como una vía adicional de transmisión (Bergšpica et al., 2020). Durante el procesamiento en mataderos, la contaminación cruzada en etapas como el escaldado y desplume puede favorecer la persistencia de estas bacterias en el producto final (Ribeiro et al., 2023; Projahn et al., 2019; Langkabel, 2023).

En conjunto, los resultados evidenciados en la Tabla 1, Tabla 2 y Figuras 1, 2 y 3 demuestran que la carne de pollo comercializada en Salaverry constituye un reservorio relevante de *E. coli* productora de BLEE. Este hallazgo refleja una problemática emergente de salud pública que requiere el fortalecimiento de programas de vigilancia microbiológica y la implementación de políticas orientadas al uso racional de antimicrobianos en la producción avícola. Asimismo, la adopción del enfoque "Una Salud" permitiría abordar de manera integral la diseminación de la resistencia antimicrobiana. Finalmente, se recomienda el desarrollo de estudios moleculares que permitan caracterizar los genes de resistencia y su dinámica de transmisión, con el fin de diseñar estrategias efectivas para la prevención y control de este problema.

5. Conclusiones

La carne de pollo fresca comercializada en los mercados del distrito de Salaverry presentó una frecuencia del 24 %

de *Escherichia coli* productora de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), evidenciando su papel como reservorio de bacterias resistentes en alimentos de consumo habitual. Estos hallazgos confirman la circulación de enterobacterias con resistencia antimicrobiana en la cadena alimentaria local y representan un riesgo potencial para la salud pública. En este contexto, resulta imprescindible fortalecer las medidas de control sanitario, las buenas prácticas de manipulación y las estrategias de vigilancia microbiológica en los puntos de comercialización. Asimismo, se destaca la necesidad de promover el uso racional de antimicrobianos en la producción avícola para limitar la diseminación de cepas multirresistentes.

6. Contribución de los autores

ASV, RCA y WSE: participaron de manera conjunta en todas las etapas de la investigación, incluyendo la concepción y diseño del estudio, la recolección, análisis e interpretación de los datos, la elaboración del borrador inicial del manuscrito, así como en la revisión crítica y aprobación de la versión final para su publicación.

7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

8. Referencias Bibliográficas

- Ahmed, S., Shah Nawaz, K., Mandal, T. K., Ghafir, M., Gummaluri, S. S., & Vishal, G. (2022). Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of herbal formulations of Septilin and Triphala with conventional 2% chlorhexidine on root canal and oral commensal bacteria using Kirby Bauer method: An in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 13(4), 383–388. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_423_21
- Almansour, A. M., Alhadlaq, M. A., Alzahrani, K. O., Mukhtar, L. E., Alharbi, A. L., & Alajel, S. M. (2023). The silent threat: Antimicrobial-resistant pathogens in food-producing animals and their impact on public health. *Microorganisms*, 11(9), 2127. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092127>
- Astocondor-Salazar, L. (2018). Betalactamasas: La evolución del problema. *Revista Peruana de Investigación en Salud*,

- 2(2), 42–49.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=635767693007>
- Ayinla, A. O., & Mateus, A. L. P. (2023). Extended-spectrum beta-lactamases in poultry in Africa: A systematic review. *Frontiers in Antibiotics*, 2, 1140750. <https://doi.org/10.3389/frabi.2023.1140750>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496. <https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4.ts.493>
- Bergšpica, I., Kaprou, G., Alexa, E. A., Prieto, M., & Alvarez-Ordóñez, A. (2020). Extended spectrum β -lactamase (ESBL)-producing *Escherichia coli* in pigs and pork meat in the European Union. *Antibiotics*, 9(10), 678. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9100678>
- Canabal, R., & González-Bello, C. (2024). Chemical sensors for the early diagnosis of bacterial resistance to β -lactam antibiotics. *Bioorganic Chemistry*, 150, 107528. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2024.107528>
- Castanheira, M., Simner, P. J., & Bradford, P. A. (2021). Extended-spectrum β -lactamases: An update on their characteristics, epidemiology and detection. *JAC-Antimicrobial Resistance*, 3(3), dlab092. <https://doi.org/10.1093/jacamr/dlab092>
- Conceição, S., Queiroga, M. C., & Laranjo, M. (2023). Antimicrobial resistance in bacteria from meat and meat products: A One Health perspective. *Microorganisms*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11102581>
- Cortez-Sandoval, V., González, R., & Ramos, D. (2022). Detección de enterobacterias productoras de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) aisladas en carne de pollo de mercados de abasto de un distrito de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(3), e22899. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i3.22899>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2001). *Manual de análisis microbiológicos de alimentos*. https://bvs.minsa.gob.pe/local/DIGESA/61_MAN.ANA.MICROB.pdf
- Dokuta, S., Zhang, X., Jeeno, P., Hongjaisee, S., Yadoung, S., Khamnoi, P., Chuttong, B., Kai, Z., & Hongsibsong, S. (2025). ESBL-producing Enterobacterales in food and clinical samples: Antimicrobial resistance organisms and genes in Chiang Mai, Thailand. *Scientific Reports*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06410-1>
- González-Aguilar, D. G., Ramírez-López, M. A., Uribe-Camberos, I. X., & Barba-León, J. (2022). Residuos de antimicrobianos en aves de corral comercializadas en tiendas minoristas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1), 187–199. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5943>
- Huamán-Chacón, L. E., & Gonzales-Escalante, E. (2019). *Escherichia coli* productora de betalactamasas de espectro extendido en pollos para consumo humano. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(2), 361. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2019.362.3959>
- Huemer, M., Mairpady Shambat, S., Brugger, S. D., & Zinkernagel, A. S. (2020). Antibiotic resistance and persistence: Implications for human health and treatment perspectives. *EMBO Reports*, 21(12). <https://doi.org/10.15252/embr.202051034>
- Husna, A., Rahman, M. M., Badruzzaman, A. T. M., Sikder, M. H., Islam, M. R., Rahman, M. T., Alam, J., & Ashour, H. M. (2023). Extended-spectrum β -lactamases (ESBL): Challenges and opportunities. *Biomedicines*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/biomedicines11112937>
- Instituto Nacional de Salud. (2002). *Manual de procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de difusión en disco*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/417394/439893732843877347520191106-32001-1v6txak.pdf>
- Islam, M. A., Bose, P., Rahman, M. Z., Muktaruzzaman, M., Sultana, P., Ahamed, T., & Khatun, M. M. (2024). Antimicrobial usage in livestock and poultry and its consequences. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11(3), 675–685. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k817>
- Kaesbohrer, A., Bakran-Lebl, K., Irrgang, A., Fischer, J., Kämpf, P., Schiffmann, A., Werckenthin, C., Busch, M., Kreienbrock, L., & Hille, K. (2019). Diversity in ESBL-producing *E. coli* in food in Germany. *Veterinary Microbiology*, 233, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.03.025>
- Kawamura, K., Nagano, N., Suzuki, M., Wachino, J.-I., Kimura, K., & Arakawa, Y. (2017). ESBL-producing *Escherichia coli* and its rapid rise among healthy people. *Food Safety*, 5(4), 122–150. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2017011>
- Khanna, N. R., & Gerriets, V. (2025). Beta-lactamase inhibitors. En *StatPearls*. StatPearls Publishing.

- Kuntaman, K., Masfufatun, M., Wibisono, F. J., Sarassari, R., Setyorini, W., Tania, P. O. A., & Shirakawa, T. (2025). Assessment of the environmental transmission dynamics of *Escherichia coli*-producing ESBL in wet market broiler chickens. *Open Veterinary Journal*, 15(5), 2230–2237. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i5.40>
- Kürekci, C., Ünalı, Ö., Şahin, S., García-Meniño, I., & Hammerl, J. A. (2023). Impact and diversity of ESBL-producing *Klebsiella pneumoniae* recovered from raw chicken meat samples in Türkiye. *Antibiotics*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010014>
- Langkabel, N., Burgard, J., Freter, S., Fries, R., Meemken, D., & Ellerbroek, L. (2023). Detection of extended-spectrum β -lactamase (ESBL) *E. coli* at different processing stages in broiler abattoirs. *Microorganisms*, 11(10), 2541. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11102541>
- Lemlem, M., Aklilu, E., Mohammed, M., Kamaruzzaman, F., Zakaria, Z., Harun, A., & Devan, S. S. (2023). Molecular detection and antimicrobial resistance profiles of ESBL-producing *Escherichia coli* in broiler chicken farms in Malaysia. *PLOS ONE*, 18(5), e0285743. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285743>
- Lemlem, M., Aklilu, E., Mohamed, M., Kamaruzzaman, N. F., Devan, S. S., Lawal, H., & Kanamma, A. A. (2024). Prevalence and molecular characterization of ESBL-producing *Escherichia coli* from broiler chicken and farm environments. *BMC Microbiology*, 24(1), 499. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03653-2>
- Li, C., Chen, X., Ju, Z., Li, C., Xu, Y., Ding, J., Wang, Y., Ma, P., Gu, K., Lei, C., Tang, Y., & Wang, H. (2022). Comparative analysis of ESBL-producing *Escherichia coli* from clinical sites and chicken farms. *Microbiology Spectrum*, 10(6), e0255722. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02557-22>
- Ma, F., Xu, S., Tang, Z., Li, Z., & Zhang, L. (2021). Use of antimicrobials in food animals and impact on antimicrobial resistance. *Biosafety and Health*, 3(1), 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.09.004>
- Marrero-Moreno, C. M., Mora-Llanes, M., Hernández-Fillor, R. E., Báez-Arias, M., García-Morey, T., & Espinosa-Castaño, I. (2018). Identificación de enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en instalaciones porcinas. *Revista de Salud Animal*, 39(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2017000300006
- Martínez-Vázquez, A. V., Mandujano, A., Cruz-González, E., Guerrero, A., Vázquez, J., Cruz-Pulido, W. L., Rivera, G., & Bocanegra-García, V. (2022). Evaluation of retail meat as a source of ESBL *Escherichia coli* in Mexico. *Antibiotics*, 11(12), 1795. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11121795>
- McCarley, A., & Becerra, C. A. (2025). Cultural incorporation of the Kirby-Bauer method in microbiology education. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 26(1), e0001425. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00014-25>
- Mejía-Argueta, E. L., Santillán-Benítez, J. G., & Mejía-Juárez, J. (2022). Identificación de cepas de *E. coli* productoras de BLEE en un centro médico. *Ciencia Ergo Sum*, 29(2), e160. <https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a5>
- Mikhayel, M., Leclercq, S. O., Sarkis, D. K., & Doublet, B. (2021). Occurrence of the colistin resistance gene mcr-1 in ESBL-producing *E. coli* from poultry. *Microbiology Spectrum*, 9(2), e0002521. <https://doi.org/10.1128/Spectrum.00025-21>
- Ortega Vassallo, K., & Morales-Cauti, S. (2021). Resistencia antimicrobiana en *Escherichia coli* en alimentos tipo BARF para perros. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3), e20406. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20406>
- Peña, Y. P., Castillo, V. L., & Zaragoza, M. T. I. (2023). Presencia de bacterias resistentes en la cadena alimentaria. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 32(1), 13. <https://revalnutricion.sld.cu/index.php/rcan/article/view/1350>
- Pinguil Yugsı, M. E., Estevez Montalvo, E., Andrade Campoverde, D., & Alvarado, M. F. (2022). *Escherichia coli* productora de BLEE de origen comunitario e intrahospitalario. *Vive Revista de Salud*, 5(14), 518–528. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v5i14.165>
- Prat, S. (2018). *Recomendaciones para carbapenemasas en enterobacterias y Pseudomonas aeruginosa*. https://www.ispch.cl/sites/default/files/Recomendacion_es%20para%20detecci%C3%B3n%20carbapenemasas%20en%20enterobacterias%20y%20pseudomonas%20aeruginosa.pdf
- Projahn, M., von Tippelskirch, P., Semmler, T., Guenther, S., Alter, T., & Roesler, U. (2019). Contamination of chicken meat with ESBL-producing bacteria during processing. *Food Microbiology*, 77, 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.09.010>
- Rada, A. M., Hernández-Gómez, C., Restrepo, E., & Villegas, M. V. (2019). Distribución de betalactamasas en bacterias

- Gram negativas. *Biomedica*, 39, 199–220.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v39i3.4351>
- Ribeiro, J., Silva, V., Monteiro, A., Vieira-Pinto, M., Igrejas, G., Reis, F. S., Barros, L., & Poeta, P. (2023). Antibiotic resistance among gastrointestinal bacteria in broilers. *Animals*, 13(8), 1362. <https://doi.org/10.3390/ani13081362>
- Ribeiro, L. F., Nespolo, N. M., Rossi, G. A. M., & Fairbrother, J. M. (2024). ESBL-producing *Escherichia coli* in food-producing animals. *Pathogens*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/pathogens13040346>
- Rodríguez, C., & Zhurbenko, R. (2018). *Manual BIOCEN de medios de cultivo* (4.ª ed.). <https://www.biocen.cu/wp-content/uploads/2021/05/Manual-MC-2018.pdf>
- Rojas, G., Vásquez, Y., Rodríguez, M., García, P., & Rojas-Faraco, T. (2021). Mecanismos de resistencia a antibióticos betalactámicos. *Revista Kasmera*, 49(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.5377921>
- Ruiz-Roldán, L., Martínez-Puchol, S., Gomes, C., Palma, N., Riveros, M., Ocampo, K., Durand, D., Ochoa, T. J., Ruiz, J., & Pons, M. J. (2018). Presencia de Enterobacteriaceae y *Escherichia coli* multiresistente en carne. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(3), 425. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.353.3737>
- Saeed, M. A., Khan, A. U., Ehtisham-UI-Haque, S., Waheed, U., Qamar, M. F., Rehman, A. U., Nasir, A., Zaman, M. A., Kashif, M., Gonzalez, J.-P., & El-Adawy, H. (2023). Detection and phylogenetic analysis of ESBL determinants. *Antibiotics*, 12(9), 1376. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12091376>
- Sawa, T., Kooguchi, K., & Moriyama, K. (2020). Molecular diversity of ESBL and antimicrobial resistance. *Journal of Intensive Care*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40560-020-0429-6>