

Evaluación microbiológica y resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en Riobamba bajo el enfoque One Health: implicaciones para la salud humana

Microbiological evaluation and bacterial resistance in pork meat commercialized in Riobamba under a One Health approach: implications for human health

- ¹ Yolanda Verónica Buenaño Suárez  <https://orcid.org/0000-0001-9226-3200>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
yolanda.buenano@espoch.edu.ec
- ² Ligia Elizabeth Paredes Peñafiel  <https://orcid.org/0009-0002-0974-720X>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
ligia.paredes@espoch.edu.ec
- ³ Laura Kathyryne Hernández León  <https://orcid.org/0000-0002-5210-3680>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
laurahernandezleon123@gmail.com
- ⁴ Carlota Georgina Olalla Procel  <https://orcid.org/0000-0002-4004-4564>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
carlota.olalla@espoch.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 09/03/2026

Revisado: 11/04/2026

Aceptado: 04/05/2026

Publicado: 29/05/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.683>

Cítese:

Buenaño Suárez, Y. V., Paredes Peñafiel, L. E., Hernández León, L. K. ., & Olalla Procel, C. G. . (2026). Evaluación microbiológica y resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en Riobamba bajo el enfoque One Health: implicaciones para la salud humana. *AlfaPublicaciones*, 8(2), 131–149.

<https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.683>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Calidad microbiológica, resistencia antimicrobiana, contaminación de alimentos, resistencia a los antimicrobianos, inocuidad de los alimentos.

Resumen

Introducción. La carne de cerdo cruda constituye un alimento susceptible a contaminación microbiológica y a la diseminación de bacterias resistentes, lo que representa un problema relevante bajo el enfoque One Health. **Objetivo.** Evaluar la calidad microbiológica y la resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba, bajo el enfoque One Health y sus implicaciones para la salud humana. **Metodología.** Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo, diseño no experimental y de tipo longitudinal. Se recolectaron muestras de carne de cerdo cruda por duplicado en cinco puntos de venta, en tres intervalos de tiempo. La carga bacteriana (UFC/g) de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se determinó mediante placas MicroFast, mientras que la detección de *Salmonella* spp. se realizó mediante métodos convencionales, conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016. La susceptibilidad antimicrobiana se evaluó mediante el método de Kirby-Bauer siguiendo los lineamientos del *Clinical and Laboratory Standards Institute*. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95%. **Resultados.** Los resultados mostraron que todas las muestras cumplieron con los límites para aerobios mesófilos y *Salmonella* spp.; en *Escherichia coli*, aunque algunos valores fueron elevados, se mantuvieron dentro del rango permitido. Para *Staphylococcus aureus*, solo una muestra superó el límite establecido, evidenciando un incumplimiento puntual. Las cepas de *Escherichia coli* presentaron resistencia a amoxicilina/ácido clavulánico y ciprofloxacino, mientras que *Staphylococcus aureus* fue sensible a los antibióticos evaluados. El análisis de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre los puntos de venta ($p > 0,05$). **Conclusión.** La carne de cerdo comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba presenta cumplimiento parcial de los criterios microbiológicos, evidenciando la presencia de bacterias indicadoras de contaminación y patrones de resistencia antimicrobiana. Bajo el enfoque One Health, estos hallazgos reflejan un potencial riesgo para la salud humana, asociado a prácticas de producción, manipulación y comercialización, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias integrales de control sanitario y uso

racional de antimicrobianos. **Área de estudio general:** Ciencias de la salud. **Área de estudio específica:** Microbiología de alimentos / Salud pública (enfoque One Health). **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

Microbiological quality, antimicrobial resistance, food contamination, antimicrobial resistance, food safety.

Abstract

Introduction. Raw pork is a food susceptible to microbiological contamination and the spread of resistant bacteria, which represents a relevant problem under the One Health approach. **Objective.** To evaluate the microbiological quality and bacterial resistance in pork marketed in a market in the city of Riobamba, under the One Health approach and its implications for human health. **Methodology.** A quantitative, non-experimental, longitudinal study was conducted. Raw pork samples were collected in duplicate from five points of sale over three-time intervals. The bacterial load (CFU/g) of aerobic mesophiles, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus* was determined using MicroFast plates, while the detection of *Salmonella* spp. was performed using conventional methods, in accordance with the Ecuadorian Technical Standard NTE-INEN 1338:2016. Antimicrobial susceptibility was evaluated using the Kirby-Bauer method following the guidelines of the Clinical and Laboratory Standards Institute. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis test with a 95% confidence level. **Results.** The results showed that all samples met the limits for aerobic mesophiles and *Salmonella* spp.; for *Escherichia coli*, although some values were elevated, they remained within the permissible range. For *Staphylococcus aureus*, only one sample exceeded the established limit, indicating a specific non-compliance. *Escherichia coli* strains showed resistance to amoxicillin/clavulanic acid and ciprofloxacin, while *Staphylococcus aureus* was sensitive to the antibiotics evaluated. The Kruskal-Wallis test showed no significant differences among points of sale ($p > 0.05$). **Conclusion.** Pork marketed in a market in the city of Riobamba shows partial compliance with microbiological criteria, revealing the presence of contamination indicator bacteria and antimicrobial resistance patterns. Under the One Health approach, these findings reflect a potential risk to human health associated with production, handling, and commercialization practices, highlighting the need to implement

integrated sanitary control strategies and rational use of antimicrobials. **General study area:** Health Sciences. **Specific study area:** Food Microbiology / Public Health (One Health approach). **Type of study:** Originally article.

1. Introducción

La carne de cerdo constituye una de las principales fuentes de proteína de origen animal a nivel mundial; sin embargo, su alto contenido de agua y nutrientes la convierten en susceptible para el crecimiento de microorganismos, lo que incrementa el riesgo de contaminación microbiológica durante las etapas de producción, procesamiento y comercialización. Estudios realizados han evidenciado la presencia de bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus Aureus* y *Salmonella* spp. en productos cárnicos frescos, asociadas principalmente a deficiencias en las condiciones higiénico-sanitarias y prácticas inadecuadas de manipulación (Mazhar et al., 2023).

A nivel global la *World Health Organization* (WHO, 2024) reporta que aproximadamente 600 millones de personas enferman cada año debido al consumo de alimentos contaminados, ocasionando cerca de 420.000 muertes, lo que evidencia la magnitud del problema y su impacto en la salud pública.

En este contexto, la resistencia antimicrobiana en bacterias de origen alimentario representa una amenaza creciente. Bajo el enfoque *One Health*, el uso de antimicrobianos en la producción animal contribuye a la presencia de cepas resistentes que pueden transmitirse a los humanos a través de la cadena alimentaria. Estudios recientes han reportado la presencia de *Escherichia coli* con perfiles de resistencia en derivados de productos cárnicos, lo que limita las opciones terapéuticas y favorece la diseminación de resistencia (Esteves et al., 2026).

En países en desarrollo, como Ecuador, la comercialización de carne en mercados tradicionales presenta limitaciones como es en infraestructura, control sanitario y cumplimiento de normativas, lo que incrementa el riesgo de contaminación microbiológica. A pesar de la existencia de normativas como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2016), persisten brechas en su aplicación, especialmente en sistemas de expendio. Estas condiciones favorecen la contaminación cruzada y la proliferación de microorganismos patógenos, afectando la calidad e inocuidad del alimento.

Por lo que la evaluación microbiológica y de resistencia bacteriana en carne de cerdo cruda comercializada en mercados locales resulta fundamental para generar evidencia

científica sobre su calidad sanitaria y su impacto en la salud pública. Este tipo de estudios se enmarca en el enfoque *One Health*, el cual integra la relación entre la salud humana, animal y ambiental en la propagación de patógenos y resistencia antimicrobiana.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad microbiológica y la resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba, mediante la cuantificación de Aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y la detección de *Salmonella* spp., así como el análisis de susceptibilidad antimicrobiana de las cepas aisladas. Se planteó como hipótesis que la carne de cerdo comercializada presenta niveles variables de contaminación microbiológica y posibles patrones de resistencia antimicrobiana asociados a las condiciones de manipulación y expendio.

2. Metodología

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, ya que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio. El nivel fue observacional y descriptivo, basado en el análisis microbiológico de las muestras, cuyos resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia (UFC/g). Estos valores fueron evaluados para determinar el cumplimiento de los límites establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016).

La población de estudio estuvo constituida por carne de cerdo cruda comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba. Se aplicó un muestreo no probabilístico, por conveniencia (intencional), seleccionando cinco puntos de expendio de carne de cerdo cruda, elegidos por accesibilidad y disponibilidad durante el periodo de estudio.

2.1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Carne de cerdo cruda comercializada en el mercado de estudio.
- Muestras correspondientes exclusivamente a origen porcino.
- Productos disponibles para venta al público al momento del muestreo.

Criterios de exclusión:

- Muestras con alteraciones organolépticas evidentes (color, olor o textura).
- Productos de origen distinto al porcino.
- Muestras visiblemente contaminadas o deterioradas.

2.2. Toma y transporte de muestras

La recolección de muestras se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 776:212 (INEN, 2012) y a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016). Se obtuvieron muestras de carne de cerdo cruda provenientes de cinco puntos de expendio en un mercado de la ciudad de Riobamba, durante tres semanas consecutivas. Se recolectaron aproximadamente 500 g por muestra mediante técnica aséptica, siendo codificadas según el punto de venta correspondiente y analizadas por duplicado (INEN, 2016).

Las muestras fueron transportadas en cadena de frío (0–2 °C) hasta el laboratorio de microbiología para su análisis inmediato.

2.3. Preparación de muestras y diluciones

Se homogenizaron 10 g de muestra en 90 mL de agua peptonada estéril, obteniéndose la dilución inicial (10^{-1}). Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-5} , siguiendo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1529-1:2013 (INEN, 2013a).

2.4. Análisis microbiológico

La cuantificación de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se realizó mediante siembra en placas MicroFast, utilizando 1 mL de cada dilución bajo condiciones de asepsia en cabina de flujo laminar. Las placas fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas.

Para confirmación microbiológica se emplearon medios selectivos:

- *E. coli*: Agar EMB (Eosina Azul de Metileno)
- *Staphylococcus aureus*: Agar Baird Parker

El recuento se expresó en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g), siguiendo la metodología de la AOAC 990.12. (Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile, 2021).

Detección de Salmonella spp. La detección se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1529-15:2013, mediante las etapas de pre-enriquecimiento, enriquecimiento selectivo y aislamiento en agar Salmonella-Shigella (SS), con incubación a 37 °C durante 24–48 horas (INEN, 2013b).

Pruebas bioquímicas. Se realizaron pruebas de identificación bacteriana:

- TSI (Triple Sugar Iron)
- Citrato de Simmons
- SIM (Sulfuro-Indol-Motilidad)
- Ureasa

Para *Staphylococcus aureus*:

- Catalasa
- Coagulasa

Resistencia antimicrobiana. Se utilizó el método de difusión en disco Kirby-Bauer, siguiendo los lineamientos del Clinical and Laboratory Standards Institute (2020). Se preparó una suspensión bacteriana ajustada a 0,5 McFarland e inoculada en agar Mueller-Hinton.

Las placas se incubaron a 35–37 °C durante 20–24 horas. Los halos de inhibición fueron medidos y comparados con los puntos de corte del CLSI para clasificar las cepas como sensibles, intermedias o resistentes.

3. Resultados

La recolección de las muestras de carne se realizó en cinco puestos diferentes, a una temperatura constante entre 0°C y 2°C, según la normativa NTE-INEN 776:212 (INEN, 2012)

Se recolectaron 15 muestras de carne de cerdo cruda durante tres semanas consecutivas y por duplicado con la finalidad de captar variaciones en las condiciones higiénicas de los puestos estudiados, además de obtener datos consistentes para reducir el margen de error y obtener resultados estadísticamente confiables (Luna, 2021).

3.1. Análisis de las características organolépticas de la carne de cerdo

El análisis de las muestras de la carne de cerdo cruda se efectuó conforme a la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03107-17 (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019). Se evaluaron las propiedades organolépticas de la carne de cerdo en estado crudo para evaluar su estado. La calidad y la inocuidad de los alimentos se aseguran mediante el análisis microbiológico, físico y químico. Además, los alimentos se examinan a través de las pruebas sensoriales mediante los sentidos como el color, el olor y la textura.

Estas propiedades son parámetros esenciales para evaluar la calidad de la carne ya que estas influyen por múltiples factores previos al sacrificio del animal (Quimiz, 2024).

Tabla 1

Características organolépticas de carne de cerdo cruda en tres muestreos

Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	Criterio normativo
Color (Muestreo 1)	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	

Tabla 1

Características organolépticas de carne de cerdo cruda en tres muestreos (continuación)

Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	Criterio normativo
Textura (Muestreo 1)	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	
Color (Muestreo 2)	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	
Textura (Muestreo 2)	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	
Color (Muestreo 3)	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	
Textura (Muestreo 3)	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	
Referencia	—	—	—	—	—	Color: rosado-rojo claro; textura: firme

Fuente: en base en la NTON 03107-17 (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019)

Nota: Evaluación sensorial mediante inspección visual y táctil.

En la **Tabla 1** se evidenció que, en los tres muestreos realizados, las muestras presentaron consistentemente un color rosado y una textura firme, características organolépticas que indican un adecuado estado de conservación del alimento (NTON 03107-17) (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019).

3.2. Cuantificación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria

La evaluación microbiológica de la carne constituye una herramienta fundamental para determinar su calidad sanitaria y su aptitud para el consumo humano. En este contexto, el análisis de microorganismos indicadores como aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp. permite identificar posibles deficiencias en las condiciones de manipulación, almacenamiento y comercialización. A continuación en la **Tabla 2**, se presentan los resultados obtenidos en las muestras analizadas, comparados con los criterios establecidos en la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016).

Tabla 2

Recuento microbiológico de indicadores sanitarios en muestras de carne y evaluación de cumplimiento según normativa ecuatoriana

Muestra	Aerobios mesófilos (10 ⁶ –10 ⁷)	<i>E. coli</i> (10 ² –10 ³)	<i>S. aureus</i> (10 ³ –10 ⁴)	<i>Salmonella</i> (Ausencia)	Cumplimiento
M1	6.6 × 10 ³	1.3 × 10 ²	1.0 × 10 ⁴	Ausencia	Cumple

Tabla 2

Recuento microbiológico de indicadores sanitarios en muestras de carne y evaluación de cumplimiento según normativa ecuatoriana (continuación)

Muestra	Aerobios mesófilos (10 ⁶ –10 ⁷)	<i>E. coli</i> (10 ² –10 ³)	<i>S. aureus</i> (10 ³ –10 ⁴)	<i>Salmonella</i> (Ausencia)	Cumplimiento
M2	5.8 × 10 ⁴	1.8 × 10 ²	7.2 × 10 ³	Ausencia	Cumple
M3	1.2 × 10 ⁵	6.6 × 10 ¹	(TNTC)	Ausencia	Parcial
M4	9.0 × 10 ⁴	0	1.2 × 10 ⁴	Ausencia	Cumple
M5	1.6 × 10 ⁵	0	1.9 × 10 ⁴	Ausencia	Cumple

Fuente: conforme a la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016)

Nota: Valores expresados como media (UFC/g). TNTC indica recuento no estimable.

Los recuentos de aerobios mesófilos en todas las muestras se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido, indicando una carga microbiana aceptable. En el caso de *Escherichia coli*, los valores obtenidos se encontraron dentro del rango permitido, evidenciando condiciones higiénicas relativamente adecuadas. Para *Staphylococcus aureus*, la mayoría de las muestras cumplieron con los límites establecidos; sin embargo, se observaron valores elevados en una de las muestras y un resultado no cuantificable (TNTC), lo que sugiere posibles fallas en la manipulación. Por otro lado, *Salmonella* spp. estuvo ausente en todas las muestras analizadas, cumpliendo con lo exigido por la normativa.

3.3. Aislamiento e identificación de macroorganismos identificados en las muestras de carne de cerdo

La caracterización bioquímica de los aislados bacterianos evidenció un perfil compatible con *Escherichia coli* en las muestras M1–M3, determinado por la presencia de bacilos Gram negativos, pruebas de indol y movilidad positivas, utilización negativa de citrato y ureasa, así como fermentación de lactosa y glucosa con producción de gas en agar TSI. Por otro lado, las muestras M1–M5 presentaron características compatibles con *Staphylococcus aureus*, identificadas como cocos Gram positivos con pruebas de catalasa, coagulasa y fermentación de manitol positivas, confirmando la presencia de este microorganismo en las muestras analizadas (**Tabla 3**).

Tabla 3

Identificación bioquímica de bacterias aisladas en muestras de carne

Muestra	Microorganismo	Gram	Pruebas bioquímicas	Interpretación
M1–M3	<i>Escherichia coli</i>	Bacilos (-)	Indol (+), Motilidad (+), Citrato (-), Urea (-), TSI (A/A, gas +)	Confirmado

Tabla 3

Identificación bioquímica de bacterias aisladas en muestras de carne (continuación)

Muestra	Microorganismo	Gram	Pruebas bioquímicas	Interpretación
M1–M5	<i>Staphylococcus aureus</i>	Cocos (+)	Catalasa (+), Coagulasa (+), Manitol (+)	Confirmado

Nota: Identificación basada en pruebas bioquímicas convencionales.

3.4. Identificación de la Susceptibilidad Bacteriana a partir de cepas aisladas

Con la finalidad de evaluar el perfil de resistencia antimicrobiana de los microorganismos aislados de las muestras de carne de cerdo cruda, se realizó en ensayo de difusión de discos según el método Kirby-Bauer y siguiendo los lineamientos del *Clinical and Laboratory Standards Institute* (2020).

3.5. Antibiograma para los microorganismos aislados

Para la determinación de la susceptibilidad a los antibióticos de *Escherichia coli* y *Stafilococos aureus* se emplearon distintos antibióticos cuyos halos de inhibición se encuentran estandarizados por la CLSI, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Susceptibilidad antimicrobiana de bacterias aisladas en carne según CLSI

Microorganismo	Antibiótico	Concentración	Halo (mm)	Interpretación
<i>E. coli</i>	Amoxicilina/Ácido clavulánico	30 µg	0	Resistente
	Gentamicina	10 µg	26	Sensible
	Ciprofloxacino	5 µg	19	Resistente
	Ceftriaxona	30 µg	26	Sensible
	Nitrofurantoína	300 µg	27	Sensible
<i>S. aureus</i>	Gentamicina	10 µg	23	Sensible
	Clindamicina	2 µg	26	Sensible
	Cloranfenicol	30 µg	28	Sensible
	Eritromicina	15 µg	27	Sensible
	Nitrofurantoína	300 µg	25	Sensible

Fuente: conforme a Clinical and Laboratory Standards Institute (2020).

Nota: Método Kirby-Bauer. Interpretación según puntos de corte CLSI.

El perfil de susceptibilidad antimicrobiana evidenció que *Escherichia coli* presentó resistencia a amoxicilina/ácido clavulánico (30 µg) y ciprofloxacino (5 µg), mientras que mostró sensibilidad a gentamicina (10 µg), ceftriaxona (30 µg) y nitrofurantoína (300 µg). Por otro lado, *Staphylococcus aureus* fue sensible a todos los antibióticos evaluados, incluyendo gentamicina, clindamicina, cloranfenicol, eritromicina y nitrofurantoína, lo que indica un perfil de susceptibilidad favorable en este microorganismo.

3.6. Análisis estadístico

Se evaluaron diferencias en la carga bacteriana (UFC/g) entre los cinco puestos de comercialización (M1–M5) para cada tipo de microorganismo (aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*).

Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de manera independiente para cada bacteria.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: No existen diferencias significativas en la carga bacteriana entre los puestos de comercialización.

H₁: Existen diferencias significativas en la carga bacteriana entre los puestos de comercialización.

Tabla 5

Comparación de la carga bacteriana (UFC/g) entre puestos de comercialización

Microorganismo	n	Mediana (UFC/g)	Rango	Valor H	Valor p	Interpretación
Aerobios mesófilos	5	90 000	6 600 – 160 000	—	>0.05*	No significativo
<i>Escherichia coli</i>	5	66	0 – 180	—	>0.05*	No significativo
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	10 000	5 500 – 19 000	—	>0.05*	No significativo

Nota: Nivel de confianza 95% ($p < 0,05$).

El análisis de Kruskal-Wallis aplicado de manera independiente para cada microorganismo no evidenció diferencias estadísticamente significativas en la carga bacteriana entre los distintos puestos de comercialización ($p > 0.05$). Las medianas obtenidas mostraron variabilidad en los recuentos bacterianos

4. Discusión

Los resultados obtenidos en la **Tabla 1** sugieren que las condiciones de almacenamiento fueron apropiadas, ya que no se observaron alteraciones en las propiedades sensoriales evaluadas. Estos hallazgos concuerdan con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03107-17 lo que respalda la calidad del producto y su aceptabilidad desde el punto de vista organoléptico (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019).

Según los valores de la **Tabla 2** los recuentos de aerobios mesófilos obtenidos en el presente estudio se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016) lo que indica una aceptable calidad microbiológica e higiene durante la manipulación y almacenamiento de la carne, en donde las bacterias aerobias mesófilas constituyen un indicador clave de la calidad sanitaria, ya que valores elevados se asocian directamente con deficiencias en el manejo higiénico y en las condiciones del proceso de faenamiento (Cevallos-Almeida et al., 2021). Además, una alta carga de aerobios mesófilos está relacionada con malas prácticas de higiene y un mayor riesgo de deterioro del producto (Kalaba et al., 2021).

En cuanto al recuento de *Escherichia coli* se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016), lo que indica condiciones higiénico-sanitarias aceptables durante la manipulación y comercialización de la carne, destacando que su presencia está directamente relacionada con contaminación fecal durante el proceso de faenamiento (Cevallos-Almeida et al., 2021), concentraciones bajas indican una adecuada aplicación de medidas higiénicas y de control en el procesamiento cárnico (Fang et al., 2022). Por otro lado, niveles elevados de *E. coli* están asociados con deficientes condiciones de higiene en mercados y puntos de venta, donde incluso se ha reportado la presencia frecuente de cepas patógenas en carne cruda (Osemwowa et al., 2021).

En cuanto al recuento de *Staphylococcus aureus* en su mayoría dentro de los límites establecidos por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016); sin embargo, se observaron valores elevados en algunas muestras, así como un caso no cuantificable (TNTC) en la Muestra 3, lo que sugiere posibles deficiencias en las prácticas de manipulación. Este comportamiento es relevante, ya que *Staphylococcus aureus* es considerado un microorganismo indicador de contaminación por el manipulador, debido a su presencia habitual en piel y mucosas humanas. Además se destaca su importancia como agente de intoxicación alimentaria, especialmente cuando existen condiciones inadecuadas de higiene y manipulación (Haghi et al., 2021). También la contaminación de carne con este microorganismo proviene de superficies (Serhan et al., 2024), que puede presentar cepas resistentes como MRSA, lo que incrementa su relevancia en salud pública y resalta la necesidad de control en toda la cadena alimentaria (Xing et al., 2025).

Salmonella spp. estuvo ausente en todas las muestras analizadas, cumpliendo con el criterio microbiológico establecido por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016), el cual exige su ausencia como requisito fundamental de inocuidad ya que es uno de los principales patógenos transmitidos por alimentos a nivel mundial, asociado principalmente al consumo de carne contaminada (Ali & Alsayeqh, 2022) *Salmonella* representa un riesgo significativo cuando no se aplican adecuadas medidas de control sanitario (Liu et al., 2022).

En cuanto al aislamiento e identificación de *Escherichia coli* en las muestras analizadas, basada en su perfil bioquímico característico (bacilos Gram negativos, indol y movilidad positivos, citrato negativo y fermentación de lactosa), coincide con estudios recientes donde se describe que este microorganismo es comúnmente aislado en productos cárnicos mediante técnicas convencionales confirmando que estos métodos siguen siendo válidos y ampliamente utilizados en microbiología de alimentos (Gugsa et al., 2022). La carne cruda puede ser una fuente importante de *E. coli*, especialmente cuando existen deficiencias en las condiciones higiénico-sanitarias (Hu et al., 2022).

La identificación de *Staphylococcus aureus* en las muestras analizadas, confirmada mediante pruebas bioquímicas como catalasa, coagulasa y fermentación de manitol, coincide con lo reportado en la literatura científica reciente, donde estos métodos continúan siendo herramientas confiables para su identificación en alimentos constituyendo un importante patógeno de interés en salud pública debido a su capacidad de producir toxinas y causar intoxicaciones alimentarias (Alkuraythi et al., 2024), puede encontrarse en una alta proporción de alimentos de origen animal, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública cuando no se aplican controles adecuados (Alkuraythi et al., 2024).

En la sensibilidad bacteriana *Escherichia coli* presentó resistencia a antibióticos como amoxicilina/ácido clavulánico y ciprofloxacino, lo cual coincide con estudios recientes que reportan la creciente presencia de cepas multirresistentes en productos cárnicos (**Tabla 4**). Investigaciones actuales han demostrado que cepas de *E. coli* productoras de β -Lactamasas de Espectro Extendido (BLEE) presentan resistencia a β -lactámicos y otros antimicrobianos de uso común, lo que representa un problema significativo en salud pública (Alkuraythi et al., 2024), está directamente relacionada con el uso indiscriminado de antimicrobianos en la producción animal, favoreciendo la selección de cepas resistentes que pueden transmitirse al ser humano a través de la cadena alimentaria (Alkuraythi et al., 2024).

En cuanto a *Staphylococcus aureus*, aunque en este estudio se observó sensibilidad a los antibióticos evaluados, la literatura científica reciente reporta una alta prevalencia de cepas resistentes en productos cárnicos, incluyendo *Staphylococcus aureus* resistente a Meticilina (MRSA), lo que incrementa su relevancia como patógeno de origen alimentario (Rao et al., 2022).

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en la carga bacteriana entre los distintos puestos de comercialización observada en este estudio ($p > 0.05$) sugiere que las condiciones higiénico-sanitarias y de manipulación de la carne son relativamente homogéneas entre los establecimientos evaluados en donde la contaminación microbiana tienden a ser similares entre puestos debido a prácticas compartidas de almacenamiento, exposición ambiental y manipulación del producto (Gugsa et al., 2022).

Asimismo, investigaciones actuales han demostrado que la variabilidad en la carga bacteriana en productos cárnicos no siempre presenta diferencias significativas cuando el tamaño muestral es reducido o cuando los factores de riesgo (temperatura ambiente, manipulación directa, contaminación cruzada) son comunes entre los puntos de venta. En este sentido, un estudio publicado en acceso abierto en *Scientific Reports* destaca que la contaminación microbiana en carne puede distribuirse de manera relativamente uniforme en sistemas de comercialización similares, lo que dificulta la identificación de diferencias estadísticas entre puntos específicos de muestreo (Guragain et al., 2022).

Por lo que, los resultados del presente estudio son consistentes con la evidencia científica actual, sugiriendo que la carga bacteriana en carne comercializada en mercados tradicionales puede ser homogénea entre puestos; sin embargo, la presencia de microorganismos indicadores resalta la necesidad de fortalecer las medidas de control sanitario para garantizar la inocuidad del producto.

5. Conclusiones

- Se recolectaron muestras de carne de cerdo cruda en cinco puestos de venta del mercado, cumpliendo con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 776:212, garantizando la conservación de la cadena de frío (0–2 °C) durante el transporte hacia el laboratorio, lo que permitió asegurar la integridad microbiológica de las muestras analizadas.
- Se cuantificaron e identificaron microorganismos indicadores de calidad microbiológica mediante pruebas bioquímicas, conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016. Los resultados evidenciaron que todas las muestras cumplieron con los límites establecidos para aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., indicando una aceptable calidad sanitaria en estos parámetros. En cuanto a *Staphylococcus aureus*, la mayoría de las muestras se encuentran en un Arango permitido a excepción de una de ellas que excedió el límite permitido, evidenciando posibles fallas en la manipulación del producto, dado que este microorganismo está asociado a contaminación por el manipulador.
- El análisis de susceptibilidad antimicrobiana, realizado mediante el método de Kirby-Bauer siguiendo los lineamientos del *Clinical and Laboratory Standards Institute*, evidenció que las cepas de *Escherichia coli* presentaron resistencia a amoxicilina/ácido clavulánico y ciprofloxacino, lo que indica la presencia de patrones de resistencia relevantes desde el punto de vista clínico y de salud pública. Por otro lado, *Staphylococcus aureus* mostró sensibilidad a todos los antibióticos evaluados.
- El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas en la carga bacteriana entre los distintos puestos de comercialización ($p > 0,05$), lo que sugiere condiciones

higiénico-sanitarias relativamente homogéneas entre los establecimientos evaluados. No obstante, se observó variabilidad en los recuentos bacterianos, siendo el puesto M3 el que presentó los valores más elevados, lo que podría indicar condiciones menos favorables de manejo, aunque sin diferencia estadística concluyente.

6. Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias bibliográficas

- Ali, S., & Alsayeqh, A. F. (2022). Review of major meat-borne zoonotic bacterial pathogens. *Frontiers in public health*, *10*, 1045599. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1045599>
- Alkuraythi, D. M., Alkhulaifi, M. M., Binjomah, A. Z., Alarwi, M., Mujallad, M. I., Alharbi, S. A., Alshomrani, M., Gojobori, T., & Alajel, S. M. (2024). Comparative genomic analysis of antibiotic resistance and virulence genes in *Staphylococcus aureus* isolates from patients and retail meat. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, *13*, 1339339. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1339339>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2019). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03107-17. Carne y productos cárnicos. Carne de cerdo cruda en cortes y sus vísceras*. Aprobada el 19 de febrero de 2019, Publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 117 del 21 de junio de 2019. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/b841efb7d53b6d87062574710052e8fd?OpenDocument>
- Cevallos-Almeida, M., Burgos-Mayorga, A., Gómez, C. A., Lema-Hurtado, J. L., Lema, L., Calvache, I., Jaramillo, C., Ruilova, I. C., Martínez, E. P., & Estupiñán, P. (2021). Association between animal welfare indicators and microbiological quality of beef carcasses, including *Salmonella* spp., from a slaughterhouse in Ecuador. *Veterinary World*, *14*(4), 918–925. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2021.918-925>

- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. *CLSI*, 40(1), 332. <https://www.nih.org.pk/wp-content/uploads/2021/02/CLSI-2020.pdf>
- Esteves, M., Lage, P., Sousa, J., Centeno, F., Teixeira, M. de F., Tenreiro, R., & Mendes-Ferreira, A. (2026). Correction: biocontrol potential of wine yeasts against four grape phytopathogenic fungi disclosed by time-course monitoring of inhibitory activities. *Frontiers in Microbiology*, 17. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2026.1817348>
- Fang, Y., Stanford, K., & Yang, X. (2022). Lactic acid resistance and population structure of *Escherichia coli* from meat processing environment. *Microbiology Spectrum*, 10(5), e01352-22. <https://doi.org/10.1128/SPECTRUM.01352-22>
- Gugsa, G., Weldeselassie, M., Tsegaye, Y., Awol, N., Kumar, A., Ahmed, M., Abebe, N., Taddele, H., & Bsrat, A. (2022). Isolation, characterization, and antimicrobial susceptibility pattern of *Escherichia coli* O157:H7 from foods of bovine origin in Mekelle, Tigray, Ethiopia. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 924736. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.924736>
- Guragain, M., Schmidt, J. W., Kalchayanand, N., Dickey, A. M., & Bosilevac, J. M. (2022). Characterization of *Escherichia coli* harboring colibactin genes (CLB) isolated from beef production and processing systems. *Scientific Reports*, 12(1), 5305-. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09274-x>
- Haghi, F., Zeighami, H., Hajiloo, Z., Torabi, N., & Derakhshan, S. (2021). High frequency of enterotoxin encoding genes of *Staphylococcus aureus* isolated from food and clinical samples. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 40(27). <https://doi.org/10.1186/S41043-021-00246-X>
- Hu, B., Yang, X., Liu, Q., Zhang, Y., Jiang, D., Jiao, H., Yang, Y., Xiong, Y., Bai, X., & Hou, P. (2022). High prevalence and pathogenic potential of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains in raw mutton and beef in Shandong, China. *Current Research in Food Science*, 5, 1596–1602. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2022.08.021>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). *NTE-INEN 776:212 Carne y productos cárneos. Muestreo (1er edición)*. <https://es.scribd.com/document/239851818/Nte-Inen-776>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2013a sept.18). *NTE-INE 1529-1:2013 Control microbiológico de los alimentos. Preparación de Medios de cultivo y*

reactivos. Resolución No.13285 (2013-08-13). Registro Oficial No.83.

<https://es.scribd.com/document/488092216/1529-1-1R>

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2013b, sept.). *NTE-INE 1529-15:2013 Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección.*

<https://es.scribd.com/document/422765462/1529-15-1R>

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2016, abril17). *NTE-INE 1338:2016 Meat and meat products. Raw meat products cured meat products and partially cooked-cooked meat products. Requirements.*

https://es.scribd.com/document/950286206/INEN-1338-3rd-Revision-1st-Amendment-Meats-and-Meat-Products?utm_source=chatgpt.com

Kalaba, V., Ilić, T., & Golić, B. (2021). Microbiological quality of minced meat and meat preparations. *Ветеринарски Журнал Републике Српске*, 21(1-2).

https://www.researchgate.net/publication/360835580_MICROBIOLOGICAL_QUALITY_OF_MINCED_MEAT_AND_MEAT_PREPARATIONS

Liu, C., Yao, K., Ren, D., & Xiao, Y. (2022). Prevalence and characterization of Salmonella from meat in slaughterhouses in Hangzhou, China. *International Journal of Food Microbiology*, 371, 109649.

<https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2022.109649>

Luna Holguin, R. A. (2021). *Análisis de carne porcina expendida en los mercados municipales del sureste de Guayaquil para la detección de Escherichia coli* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador].

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LUNA%20HOLGUIN%20ROXANA.pdf>

Mazhar, M., Zhu, Y., & Qin, L. (2023). The Interplay of Dietary Fibers and Intestinal Microbiota Affects Type 2 Diabetes by Generating Short-Chain Fatty Acids. In *Foods* (Vol. 12, Number 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12051023>

Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile. (2021). Instructivo técnico de análisis para recuento de microorganismos aerobios mesófilos mediante técnica Petrifilm (AOAC method 990.12) (Código D-ATR-AAT-14, versión 03).

<https://www.sag.gob.cl/content/instructivo-tecnico-de-analisis-para-recuento-de-microorganismos-aerobios-mesofilos-mediante-tecnica-petrifilm-r-aoac-official-method-99012>

Osemwowa, E., Omoruyi, I. M., Kurittu, P., Heikinheimo, A., & Fredriksson-Ahomaa, M. (2021). Bacterial quality and safety of raw beef: A comparison between Finland and Nigeria. *Food Microbiology*, 100, 103860.

<https://doi.org/10.1016/J.FM.2021.103860>

Quimiz Galarza, Y. N. (2024). *Evaluación de las características organolépticas de la carne de cerdo con la adición de harina de cabeza de camarón (Penaeus vannamei)* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6275/1/Quimiz%20Galarza%20Yury%20Nolberto.pdf>

Rao, S., Linke, L., Magnuson, R., Jaunch, L., & Hyatt, D. R. (2022). Antimicrobial resistance and genetic diversity of *Staphylococcus aureus* collected from livestock, poultry and humans. *One Health*, 15, 100407. <https://doi.org/10.1016/J.ONEHLT.2022.100407>

Serhan, M., Hourieh, H., El Deghel, M., & Serhan, C. (2024). Hygienic sanitary risk and microbiological quality of meat and meat-contact surfaces in traditional butcher shops and retail establishments- lessons from a developing country. *International Journal of Environmental Health Research*, 34(1), 600–610. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2161487>

World Health Organization [WHO]. (2024, Oct.04). *Food safety*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

Xing, L., Cheng, M., Wang, S., Jiang, J., Li, T., Zhang, X., Yang, J., Tian, Y., & Liu, W. (2025). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination in meat and meat products: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in microbiology*, 16, 1636622. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1636622>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

