

Detección e inhibición de *Salmonella* spp. en huevos comercializados en el mercado central del Cantón El Empalme

Detection and inhibition of *Salmonella* spp. in eggs sold at the central market of El Empalme Canton

Diego Armando TUÁREZ GARCÍA¹, Evelyn Janina GARCÍA ARELLANO², Cyntia Yadira ERAZO SOLÓRZANO¹, Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ^{3,4}, Sanyi Lorena RODRÍGUEZ CEVALLOS¹, Esperanza de Pilar VARELA BRAVO², Judith CASTRO AGUIRRE², Jhoan Alfredo PLUA MONTIEL^{5,6}, Ángel Virgilio CEDEÑO MOREIRA⁷, Martha Viviana UVIDIA VÉLEZ³

1 Facultad de Ciencias de la Industria y Producción (FCIP), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

2 Facultad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

3 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

4 Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, ICAI-CONICET.

5 Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

6 Instituto Superior Tecnológico Consulting Group Ecuador-Esculapio. Av. 10 de Agosto N35-108 e Ignacio San María.

7 Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Laboratorio de Biología y Microbiología – Área de Fitopatología, Los Ríos, Ecuador.

Recibido: 12/abril/2025. Aceptado: 26/mayo/2025.

RESUMEN

Introducción: La presencia de *Salmonella* spp. en alimentos como los huevos representa un riesgo importante para la salud pública, debido a su potencial para causar enfermedades transmitidas por alimentos.

Objetivos: Evaluar la presencia de *Salmonella* spp. en huevos comercializados en el cantón El Empalme y analizar la efectividad de agentes antimicrobianos naturales y sintéticos sobre su inhibición.

Material y Métodos: Se desarrolló un estudio experimental descriptivo. Se recolectaron 30 muestras de huevos mediante muestreo aleatorio simple, sin alteraciones postobtención, y se transportaron bajo condiciones estériles al laboratorio. La detección de *Salmonella* spp. se realizó lavando las cáscaras con agua destilada estéril, seguida de diluciones seriadas y siembra en agar selectivo *Salmonella*-

Shigella (SS), incubado a 37 °C por 36 horas. Las colonias sospechosas fueron aisladas y caracterizadas morfológicamente. La confirmación bioquímica incluyó tinción de Gram y pruebas de catalasa. Se evaluó la actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de orégano (*Plectranthus amboinicus*), ajo (*Allium sativum*) y cloranfenicol en concentraciones del 50 %, 75 % y 100 % mediante la técnica de difusión en agar. Los halos de inhibición se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados: Se identificaron cinco colonias positivas a *Salmonella* spp. con características típicas en agar selectivo. El cloranfenicol mostró la mayor capacidad inhibitoria, con un halo de inhibición promedio de 5.57 mm, seguido por el extracto de orégano y, en menor medida, el ajo.

Discusión: La eficacia del cloranfenicol confirma su potencia frente a *Salmonella* spp., mientras que el orégano se posiciona como una alternativa natural con efectos inhibitorios relevantes.

Conclusiones: Tanto los agentes naturales como el fármaco sintético FI demostraron potencial antimicrobiano, especialmente en concentraciones elevadas, contribuyendo así a estrategias de control de patógenos en alimentos.

Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez
lvazquezc@utb.edu.ec

Diego Armando Tuárez García
dtuarez@uteq.edu.ec

PALABRAS CLAVE

Contaminación bacteriana, Extractos naturales, Inocuidad, Patógenos, antibiograma comparativo.

ABSTRACT

Introduction: The presence of *Salmonella* spp. in foods such as eggs represent a significant public health risk due to their potential to cause foodborne illness.

Objectives: Assess the presence of *Salmonella* spp. in eggs marketed in the El Empalme canton and analyze the effectiveness of natural and synthetic antimicrobial agents on their inhibition.

Materials and Methods: A descriptive experimental study was developed. 30 egg samples were collected by simple random sampling, without post-obtaining alterations, and transported under sterile conditions to the laboratory. The detection of *Salmonella* spp. was carried out by washing the shells with sterile distilled water, followed by serial dilutions and plating on selective *Salmonella*-*Shigella* (SS) agar, incubated at 37°C for 36 hours. The suspicious colonies were isolated and morphologically characterized. Biochemical confirmation included Gram stain and catalase testing. The antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts of oregano (*Plectranthus amboinicus*), garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol at concentrations of 50%, 75% and 100% was evaluated using the agar diffusion technique. Inhibition zones were analyzed by ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0.05$).

Results: Five colonies positive for *Salmonella* spp were identified. with typical characteristics in selective agar. Chloramphenicol showed the highest inhibitory capacity, with an average inhibition zone of 5.57 mm, followed by oregano extract and, to a lesser extent, garlic.

Discussion: The effectiveness of chloramphenicol confirms its potency against *Salmonella* spp., while oregano is positioned as a natural alternative with relevant inhibitory effects.

Conclusions: Both the natural agents and the synthetic drug IF demonstrated antimicrobial potential, especially at high concentrations, thus contributing to pathogen control strategies in foods.

KEYWORDS

Bacterial contamination, Natural extracts, Safety, Pathogens, comparative antibiogram.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, tanto a nivel global como nacional, la industria avícola ha experimentado un enorme crecimiento. Este aumento ha resultado en una producción significativamente mayor de huevos y productos derivados, los

cuales son componentes esenciales en la alimentación moderna. Los huevos son una fuente asequible de proteína, ampliamente disponible y considerada segura para el consumo humano¹.

En consiguiente, Guier *et al.*², señala que la calidad higiénica y sanitaria de los huevos vendidos en los mercados es necesaria, y según varios reportes científicos, se muestran el incumplimiento de las regulaciones y la presencia de microorganismos patógenos como es el caso de *Salmonella* spp.

Yenilmez & Bulancak. Yenilmez & Bulancak, (2020), menciona que, los huevos frescos de gallina son estériles poco después de ser puestos, pero al estar expuestos al ambiente, pueden albergar diversos microorganismos en su cáscara. En condiciones específicas, los microorganismos pueden ingresar, multiplicarse y causar su deterioro. Un ambiente húmedo favorece el crecimiento de microorganismos en la superficie del huevo y su posible penetración a través de las membranas internas. Dentro de las variedades de microorganismos que pueden contaminar los huevos de gallina se hallan bacterias pertenecientes a los grupos *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Escherichia coli*, *Micrococcus*, *Salmonella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Flavobacterium* y *Staphylococcus*⁴.

Según Jaramillo *et al.* Jaramillo *et al.*, (2025), la *Salmonella* spp. es una bacteria importante que afecta la salud pública Alfaro⁶. La *Salmonella* spp causa una enfermedad gastrointestinal transmitida por alimentos muy comunes en todo el mundo⁷. Se calcula que *Salmonella* provoca alrededor de 93,8 millones de casos de infección en seres humanos a nivel mundial anualmente⁸.

Dado que los huevos de gallina son ampliamente consumidos y son una fuente clave de transmisión de la enfermedad, representan un riesgo significativo para la propagación de la enfermedad. Aunque se ha relacionado la contaminación por *Salmonella* entérica con varios tipos de alimentos, como aves carne de res, pescado y vegetales⁹. Los brotes de *Salmonella* transmitida por alimentos se vinculan principalmente a los huevos crudos o insuficientemente cocidos, así como a los productos derivados de los huevos¹⁰. Durante los últimos años, la preocupación principal en relación al control efectivo de esta y otras bacterias patógenas ha sido la resistencia que han desarrollado hacia los antimicrobianos¹¹.

Restringir la aplicación no controlada de antibióticos en animales destinados a la alimentación se considera uno de los métodos más eficaces para evitar la propagación de la *Salmonella*¹². Mantener la seguridad de los huevos comerciales y sus derivados para los consumidores es crucial. El uso de antibióticos requiere una gestión adecuada para prevenir y controlar el desarrollo de bacterias patógenas en los huevos durante su almacenamiento y distribución a temperatura ambiente¹³; como objetivo general fue Detectar e inhibir la pre-

sencia de *Salmonella* spp., en los huevos comercializados en el mercado del cantón El Empalme.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y diseño del estudio

Esta investigación presentó un enfoque cuantitativo y experimental de forma invitro, con una fase descriptiva transversal orientada al diagnóstico inicial en el campo. El estudio tuvo como desarrollo dos fases complementarias: fase de campo y fase experimental en laboratorio.

En la primera fase, se realizó un trabajo de campo en el mercado "Central de El Cantón El Empalme", donde se aplicaron técnicas de muestreo de encuesta y se recolectaron diversos tipos de huevos comerciales de varias tiendas expendedoras para obtener una muestra representativa del producto disponible.

En la segunda fase, las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el campus "La María", donde se realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

Se realizó una encuesta descriptiva y transversal para recopilar información sobre las ubicaciones de venta y el origen de los huevos comerciales. La encuesta empleó una combinación de preguntas cerradas y abiertas para recopilar datos cualitativos detallados sobre diversos aspectos, como las características del establecimiento, la procedencia de los huevos y las prácticas sanitarias y de calidad. Este enfoque integral buscó comprender mejor la cadena de suministro y las medidas de higiene implementadas en la manipulación y el almacenamiento de los huevos.

Área de estudio y recolección de muestras

La presente investigación se llevó a cabo en el Cantón El Empalme, en la Provincia del Guayas. Este cantón está situado a 167 kilómetros de Guayaquil y a 21 kilómetros de Quevedo. Cuenta con un agradable clima tropical, con temperaturas medias que oscilan entre los 25 °C y los 26 °C, y se encuentra a una altitud de 74 msn.

Se aplicó un muestreo aleatorio simple entre los puntos de expendio. Se seleccionaron 30 locales, de los cuales se recolectaron un total de 90 huevos comerciales (3 huevos por local) en condiciones estériles. Las muestras fueron trasladadas en bolsas Wirlpack refrigeradas al Laboratorio de Microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Análisis de confiabilidad

Se analizó la confiabilidad de la encuesta mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual permite inferir el grado de confiabilidad de los datos obtenidos¹⁴. Este coeficiente se calcula evaluando la correlación entre las respuestas del

cuestionario, a través del análisis individual de las respuestas proporcionadas por los encuestados. El coeficiente α se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right)$$

Donde k representa el número de ítems del cuestionario, es la varianza de las puntuaciones en el ítem i , y es la varianza de las puntuaciones totales del cuestionario. Un valor más alto del coeficiente α indica una mayor consistencia interna del instrumento utilizado. La escala generalmente utilizada para interpretar el alfa de Cronbach es la siguiente

Rango	Confiabilidad
$0.9 \leq \alpha \leq 1$	Excelente
$0.8 \leq \alpha < 0.9$:	Bueno
$0.7 \leq \alpha < 0.8$:	Aceptable
$0.6 \leq \alpha < 0.7$:	Cuestionable
$0.5 \leq \alpha < 0.6$:	Pobre
$\alpha < 0.5$:	Inaceptable

Población

Se implementó un tipo de muestreo probabilístico aleatorio simple entre las tiendas de expendio de huevos en el mercado municipal del Cantón El Empalme. La población estudiada se conformó por las muestras de huevos comerciales. Este enfoque de muestreo garantiza que cada huevo tenga la misma probabilidad de ser seleccionado, lo que asegura la representatividad de las muestras. La elección de este método es importante para obtener datos precisos y confiables que reflejen las condiciones reales de los huevos comercializados en el mercado.

Tamaño de la Muestra

Según Vera & Vera, (2018), para determinar el tamaño de la muestra para población finita se emplea la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = Valor Z correspondiente al nivel de confianza (1.96 para 95%)

p = prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ($p=0.5$)

$q = 1 - p$ (si $p = 70 \%$, $q = 30 \%$)

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio

Se aplicó la fórmula, lo que dio como resultado un tamaño de muestra de 30 expendedores. Esto implica que, para el estudio sobre la detección e inhibición de *Salmonella* spp. en huevos comercializados en el mercado central del Cantón El Empalme, se han tomado muestras de 30 de los 32 expendedores de huevos con el fin de obtener resultados representativos, garantizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

Extracción de antimicrobiano

Para la preparación del extracto de ajo y orégano mediante el método de rota vapor, se utilizó alcohol etílico al 96%. Primero, se pesó una cantidad de ajo y orégano frescos verde y se colocó en un matraz de fondo redondo. Luego, se añadió una solución de alcohol etílico al 96% y agua destilada en proporciones (70/30) v/v. El matraz se colocó en el aparato de rota vapor, conectado a un sistema de refrigeración, y se calentó a 45 °C para facilitar la extracción de los compuestos activos del ajo y el orégano.

El extracto obtenido se recogió en un Erlenmeyer a través del sistema de refrigeración. Posteriormente, se filtró el extracto para eliminar los residuos sólidos utilizando un embudo de separación y papel de filtro. Finalmente, el extracto hidroalcohólico purificado se almacenó en un recipiente oscuro y hermético, protegido de la luz y el aire, para su posterior análisis¹⁵.

Detección bacteriana de *Salmonella* spp

Se procedió a lavar la superficie de los huevos con 10 mL de agua destilada por cada unidad y, utilizando un tubo Eppendorf y una micropipeta, se guardaron y rotularon las muestras como solución madre. Para el enriquecimiento, se realizaron tres diluciones seriadas, etiquetadas como 10^{-1} , 10^{-2} , y 10^{-3} . Luego, se inoculó el caldo en placas con medio de cultivo de agar selectivo Agar *Salmonella Shigella* (SS) y se dejaron las placas en incubación durante 36 horas a 37 °C.

Se seleccionaron las colonias con características típicas de Agar *Salmonella- Shigella* (SS), que son de color rosado o incoloras, con o sin centro negro. Estas colonias pueden presentar una apariencia húmeda y mucosa, lo cual es indicativo de la presencia de *Salmonella*, asegurando así una identificación precisa de la bacteria patógena.

Aislamiento de *Salmonella* spp

Para la realización del aislamiento bacteriano de *Salmonella* spp, se procedió a realizar una siembra con medio de cultivo

específico Agar *Salmonella Shigella* (SS), mediante el método de estría en la placa. Con el asa bacteriológica, se tomaron las colonias para realizar su proceso correspondiente y así lograr la obtención de las colonias puras. Obtuvimos la purificación de cinco colonias.

Caracterización morfológica

Para determinar la caracterización morfológica de las cinco cepas de *Salmonella* spp., se observaron la forma, elevación, borde y color de las colonias. Basándose en la tabla de caracteres microbiológicos bacterianos, se utilizó un asa bacteriológica para realizar un frotis en portaobjetos. Luego, las muestras se colocaron en el microscopio para realizar las observaciones y comparaciones.

Caracterización bioquímica de *Salmonella* spp.; Tinción Gram

Se colocó una gota de cristal violeta sobre el portaobjetos con el frotis bacteriano y se dejó actuar durante un minuto. Luego, se lavó suavemente con agua destilada para eliminar el exceso de cristal violeta, y se añadió la solución de Lugol, dejándola actuar durante otro minuto. Después, se lavó nuevamente con agua destilada y se decoloró con alcohol etílico, se añadió el decolorante gota a gota hasta que el lavado salga claro. Posteriormente, se lavó con agua destilada y se procedió a la contra tinción con safranina, dejando actuar durante 30 segundos. Finalmente, se lavó con agua destilada, se dejó secar al aire y se observó el portaobjetos al microscopio observando los contrastes de la bacteria¹⁶.

Reacción de la catalasa

Se tomó una pequeña cantidad de la biomasa bacteriana en un portaobjetos, al que se le añadieron 3 microlitros de peróxido de hidrógeno para provocar una reacción enzimática que induce la formación de burbujas en caso de resultar positiva.

Inhibición bacteriológica de *Salmonella* spp

Se aplicó la técnica de difusión en agar (Kirby-Bauer) sobre placas con agar Mueller-Hinton, utilizando pozos de 6 mm de diámetro perforados con sacabocados estéril. A cada pozo se le adicionaron 100 µL de cada tratamiento a concentraciones de 50 %, 75 % y 100 %.

Los tratamientos evaluados fueron:

- Extracto de orégano
- Extracto de ajo
- Cloranfenicol (control positivo)

Se midieron los halos de inhibición (mm) después de 24 h de incubación a 37 °C. Diseño experimental

Diseño experimental

Para el presente estudio se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo bifactorial de AxB, factor A inhibidores (Ajo, orégano y cloranfenicol) y como factor B concentración (50 %, 75 % y 100 %), con (9) tratamientos, (3) repeticiones para determinar las diferencias de las medias de los halos de inhibición se utilizó el proceso de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$), y el modelo estadístico del diseño que se utilizó, es el siguiente:

Tabla 2. Descripción de los factores

Factor a Inhibidores	Factor b concentración
Ajo	C1 100%
Orégano	C2 75%
Cloranfenicol	C3 50%

Tabla 3. Esquema del ANDEVA

Fuente de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	a*b-1	8
Factor A	(a-1)	2
Factor B	(b-1)	2
Int. A x B	(a-1) (b-1)	4
Error experimental	a*b (r-1)	8
Total	a*b*r-1	26

Evaluación de 3 inhibidores

Se evaluó el efecto de tres agentes inhibitorios antibacterianos en huevos comercializados en el mercado central del cantón El Empalme, utilizando extractos naturales de ajo, orégano y un fármaco de venta libre cloranfenicol. Se seleccionaron debido a sus propiedades antibacterianas, y se realizaron aplicando concentraciones de 100%, 75% y 50%. Se aplicaron las concentraciones de los antimicrobianos inhibitorios a los tratamientos y se realizó un antibiograma bacteriano para evaluar los porcentajes de susceptibilidad de *Salmonella* spp.

Análisis de Datos

Los datos del antibiograma fueron analizados estadísticamente para evaluar la presencia de agentes microbiológicos y la eficacia de los agentes inhibitorios. Se empleó estadística descriptiva para calcular medidas de tendencia central, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación,

proporcionando una visión completa de la distribución y dispersión de los datos cuantitativos. Posteriormente, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para comparar grupos, seguidos de pruebas de Tukey para la separación de medias con un nivel de significancia del 95%. Previo a estos análisis, se verificó la normalidad y homogeneidad de los datos. Estas operaciones se llevaron a cabo utilizando software estadístico como InfoStat/L y Excel, garantizando un procesamiento confiable y detallado de los resultados del antibiograma.

RESULTADOS

Resultados de encuestas a expendedores

El análisis de la confiabilidad de la encuesta utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach arrojó un valor de 0.917. Según la escala de interpretación del Alfa de Cronbach, este resultado indica una excelente consistencia interna del cuestionario. Esto sugiere que las respuestas de los encuestados son altamente coherentes entre sí, lo que refuerza la fiabilidad de los datos obtenidos

Al evaluar la fuente principal de los huevos comercializados, se observó una variabilidad considerable entre los encuestados, destacando que el 41 % obtiene los productos de un proveedor específico, mientras que el 31 % prefiere adquirirlos de diversos proveedores y un 28 % de granjas locales certificadas. Esta diversidad resalta la importancia de contar con proveedores confiables y variados que garanticen no solo la calidad, sino también la trazabilidad del producto ofrecido al consumidor final. Asimismo, la frescura emerge como la característica más relevante en la percepción de calidad para la gran mayoría de los participantes (84 %), seguida en menor proporción por el tamaño y la calidad de la cáscara. Estos resultados subrayan la necesidad crucial de mantener estándares altos en frescura, lo cual puede ser asegurado mediante estrategias adecuadas de almacenamiento y manejo.

En relación con la gestión de huevos que no cumplen con criterios específicos de calidad, una amplia mayoría (81 %) opta por devolverlos al proveedor, demostrando así una práctica predominante de responsabilidad y control riguroso sobre los productos ofertados. Sin embargo, un 16 % de los encuestados reportó desechar estos huevos y apenas un 3 % eligió venderlos a menor precio, sugiriendo la necesidad de mejorar aún más las estrategias de gestión y control para reducir pérdidas económicas y desperdicio de alimentos. Además, se identificó que el 63 % de los encuestados ha percibido cambios en la calidad de los huevos en los últimos tiempos, principalmente debido a condiciones climáticas y variaciones en la alimentación de las aves, enfatizando así la relevancia de ajustar los procesos productivos a las condiciones ambientales y nutricionales para garantizar un producto estable y de calidad uniforme.

Finalmente, las prácticas de almacenamiento mostraron una clara preferencia por estantes frescos y ventilados (88

%), aunque un porcentaje significativo (12 %) emplea refrigeradores comerciales con control térmico. La importancia de estas prácticas se refleja también en las quejas recibidas, con un 56 % de los encuestados experimentando reclamos ocasionales por parte de los consumidores, lo que indica áreas potenciales de mejora en la gestión y retroalimentación continua. La necesidad de mayores controles de calidad es destacada por el 53 % de los encuestados que inspeccionan visualmente los productos, aunque un preocupante 41 % no implementa ninguna medida específica. Un análisis reciente de los comentarios sobre la calidad del huevo reveló que el 59% de los encuestados no recibe comentarios, lo que indica una falta de interacción con el cliente respecto a este tema. Por otro lado, el 34% de los comentarios se centró en in-

quietudes sobre el tamaño y el precio, lo que sugiere que los clientes evalúan el valor percibido del producto. Cabe destacar que el 75% de los encuestados reconoció que la calidad del huevo influye significativamente en la satisfacción y la lealtad del cliente, lo que subraya la necesidad de mantener altos estándares de calidad para fomentar la confianza y el compromiso del consumidor.

Este hecho refuerza las sugerencias finales de la encuesta, donde un considerable 81 % recomienda la capacitación constante sobre manejo y almacenamiento, el 13 % enfatiza el control riguroso en producción y el 6 % adicional plantea mejorar la cadena logística. Todas estas recomendaciones apuntan a fortalecer integralmente la calidad e inocuidad del

Nº	Preguntas	Respuestas	Resultado (%)
1	Fuente principal de los huevos que comercializan	Proviene de granjas locales certificadas	31%
		Adquiere huevos de diversos proveedores	24%
		Recibe huevos de un proveedor específico	41%
2	Características consideradas más importantes al evaluar la calidad de los huevos que ofrecen a sus clientes.	Frescura	3%
		Tamaño	3%
		Cáscara	9%
		Todos los anteriores	84%
3	Manipulación de huevos que no cumplen con los estándares de calidad.	Los devuelve al proveedor	81%
		La desecha	16%
		Los vende a menor precio	3%
4	Cambios notorios en la calidad de los huevos que reciben en los últimos meses / años. Atribución de esos cambios.	Sí, cambios en la dieta de las aves	31%
		Sí, variaciones en condiciones climáticas	63%
		No, la calidad ha sido consistente	6%
5	Almacenamiento de huevos para mantener su frescura y calidad antes de la venta	En refrigeradores comerciales con control de temperatura	12%
		En estantes frescos y bien ventilados	88%
6	Frecuencia de quejas de los clientes sobre la calidad de los huevos que expenden	Ocasionalmente (menos de una vez al mes)	38%
		Regularmente (una vez al mes)	0%
		Frecuentemente (Varias veces al mes)	6%
		Nunca	56%
7	Medidas tomadas para garantizar que los huevos que ofrecen a sus clientes estén libres de contaminantes y sean seguros para el consumo	Implementación de prácticas de higiene estrictas en el manejo	3%
		Colabora con proveedores certificados y verifica sus procesos	3%
		Que no presenten cáscaras rotas y no presenten humedad	41%
		Ninguna medida	53%
8	Comentarios de los clientes sobre la calidad de los huevos	Buenos comentarios	3%
		Malos comentarios	3%
		Fijación de tamaño, precios (altos y bajos)	34%
		Nunca	59%
9	Medida de calidad de los huevos que afecta la satisfacción y fidelidad de sus clientes	Afecta significativamente la satisfacción y fidelidad	75%
		Tiene cierta influencia en la satisfacción del cliente	19%
		No afecta considerablemente la satisfacción y fidelidad	6%
10	Mejoras o sugerencias para los proveedores de huevos con respecto a la calidad del producto que ofrecen a los minoristas	Mayor control de calidad en la producción	13%
		Mejorar la cadena de suministro y distribución	6%
		Proporcionar capacitación sobre manejo y almacenamiento adecuado	81%

Figura 1. Resultados de la encuesta sobre percepción y manejo de calidad en huevos comercializados por expendedores minoristas

producto para satisfacer plenamente las expectativas del consumidor final.

Resultados microbiológicos y de inhibición antimicrobiana

Detección bacteriana de *Salmonella* spp

El análisis de los huevos comercializados en el mercado central del cantón El Empalme reveló la presencia de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de *Salmonella* spp., indicando un riesgo significativo para la salud pública. La Figura 2 presenta en detalle la cantidad y distribución de UFC en las muestras de huevos evaluadas. Estos resultados resaltan la necesidad imperiosa de implementar medidas de control y prevención más estrictas en la cadena de suministro y manipulación de huevos, con el fin de reducir la incidencia de infecciones por *Salmonella*. Es importante destacar que las pruebas se realizaron exclusivamente en la superficie externa de los huevos.



Figura 2. Detección de UFC, de *Salmonella* spp., obtenidas a partir del lavado de cascaras de huevos comerciales

Aislamiento de *Salmonella* spp

El resultado obtenido en esta etapa del estudio proporciona una descripción clara y concisa del éxito en el proceso de aislamiento bacteriano, destacando la eficacia de los métodos empleados. A través de técnicas rigurosas de cultivo y aislamiento, se logró identificar y purificar cinco cepas de distintas muestras. Este logro es significativo, ya que demuestra la precisión y fiabilidad del procedimiento utilizado para aislar estas bacterias patógenas a partir de las muestras analizadas. En la Figura 3, se puede apreciar visualmente el proceso y los resultados obtenidos, donde se ilustran las características morfológicas de las colonias aisladas y la pureza alcanzada.

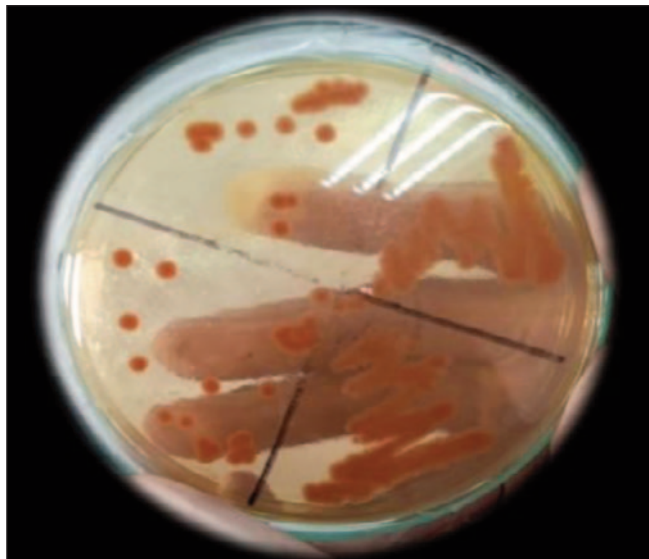


Figura 3. Aislamiento bacteriano para la obtención de las cinco de colonias bacteriana de *Salmonella* spp

Caracterización morfológica de la bacteria *Salmonella* spp.

Se examinaron las características morfológicas de cinco colonias bacterianas de *Salmonella* spp. Se observó que la forma de las bacterias era predominantemente irregular, mientras que la elevación era plana en todas las colonias evaluadas. Además, todas las colonias presentaban bordes enteros y exhibían un tono rojo característico, como se muestra en la Tabla 4.

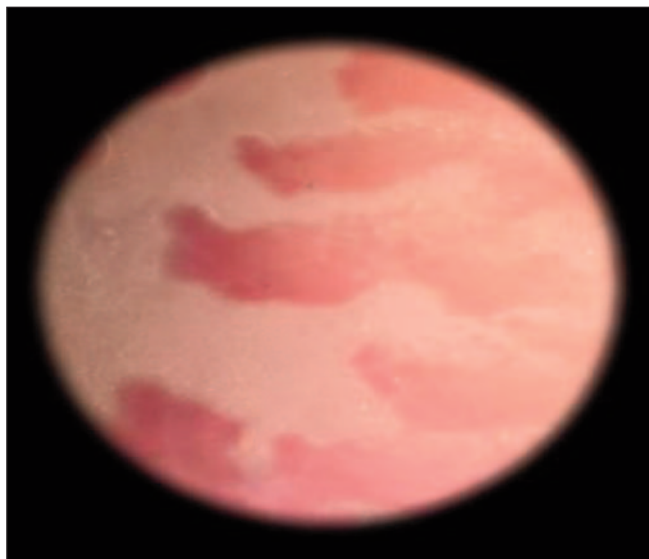


Figura 4. Visualización microscópica detallada de la caracterización morfológica de *Salmonella* spp

Tabla 4. Características Morfológicas de cinco colonias aislados de *Salmonella* spp

Muestras	Forma	Elevación	Borde	Color
Colonia 1	Irregular	Plano	Entero	Rojo
Colonia 2	Irregular	Plano	Entero	Rojo
Colonia 3	Circular	Plano	Entero	Rojo
Colonia 4	Irregular	Plano	Entero	Rojo
Colonia 5	Circular	Plano	Entero	Rojo

Tinción Gram y reacción de la prueba de catalasa

En este estudio, todas las cepas de *Salmonella* evaluadas, incluidas las colonias bacterias 1, 2, 3, 4 y 5, demostraron ser Gram negativas en la tinción de Gram, presentando una colo-

Tabla 5. Pruebas bioquímicas de clasificación bacteriana

Tinción Gram	Reacción de Catalasa
Gram negativa (rosa-rojo)	Positiva
Gram negativa (rosa-rojo)	Positiva
Gram negativa (rosa-rojo)	Positiva
Gram negativa (rosa-rojo)	Positiva
Gram negativa (rosa-rojo)	Positiva

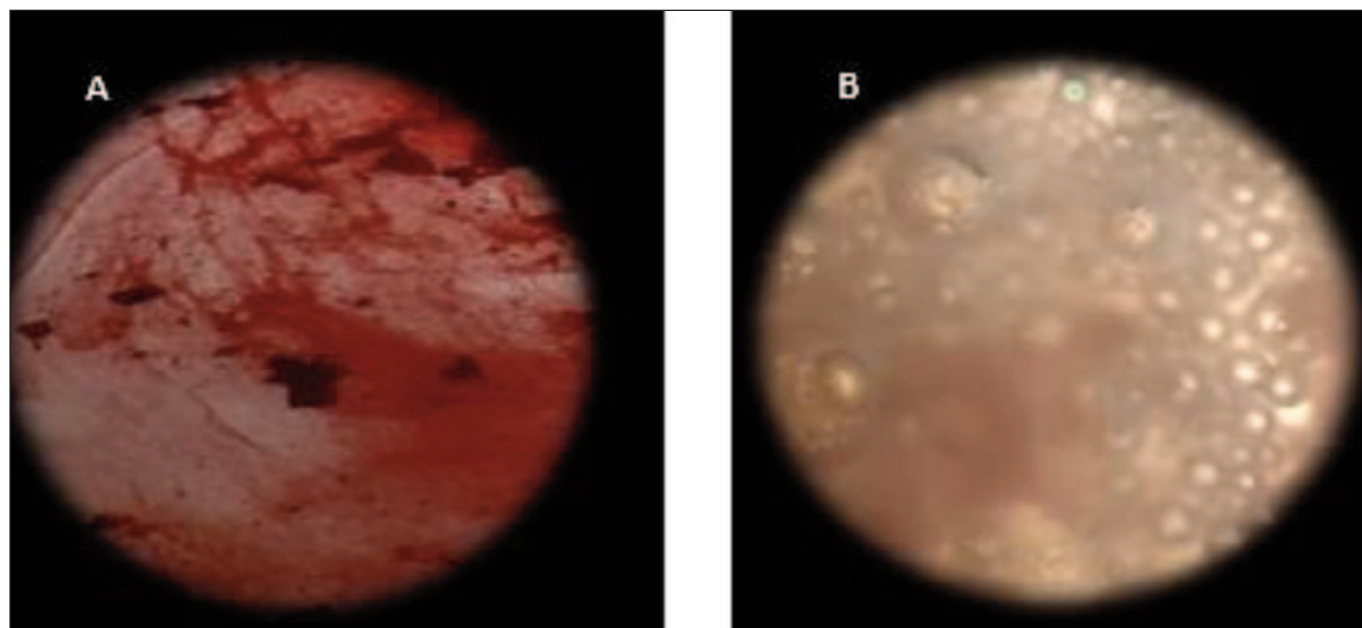
ración rosa-rojo característica como se puede observar en la imagen A. Todas las cepas exhibieron una reacción positiva para catalasa, como se evidenció por la formación de burbujas al agregar peróxido de hidrógeno como se demuestra en la imagen B. Estos resultados son consistentes con las características típicas de *Salmonella*, lo que confirma la identificación de las cepas pertenecientes a este género bacteriano Figura 5.

Prueba de inhibición bacteriana de *Salmonella* spp., por antibiograma**Análisis comparativo de la eficacia de antimicrobianos**

En la Figura 6, se presenta la comparación de la actividad antibacteriana entre extractos naturales orégano, ajo y el cloranfenicol. Los resultados muestran que el tratamiento con el cloranfenicol presentó la mayor media de inhibición bacteriana con un valor de 4.83, seguido por el tratamiento con extracto de orégano con una media de 3.61, y finalmente el tratamiento con extracto de ajo con una media de 1.97. El análisis de la varianza mostró que hubo diferencias significativas entre los antimicrobianos (p -valor $<0,0001$). Además, se encontró un coeficiente de variación del 5.51, lo que indica una variabilidad moderada en los datos.

Influencia de diferentes concentraciones del extracto en actividad antimicrobiana

En la Figura 7 se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de antimicrobianos (100%, 75%, 50%) de extractos

**Figura 5.** Análisis Bioquímico de *Salmonella* spp., evaluación de la Tinción de Gram y la actividad catalasa

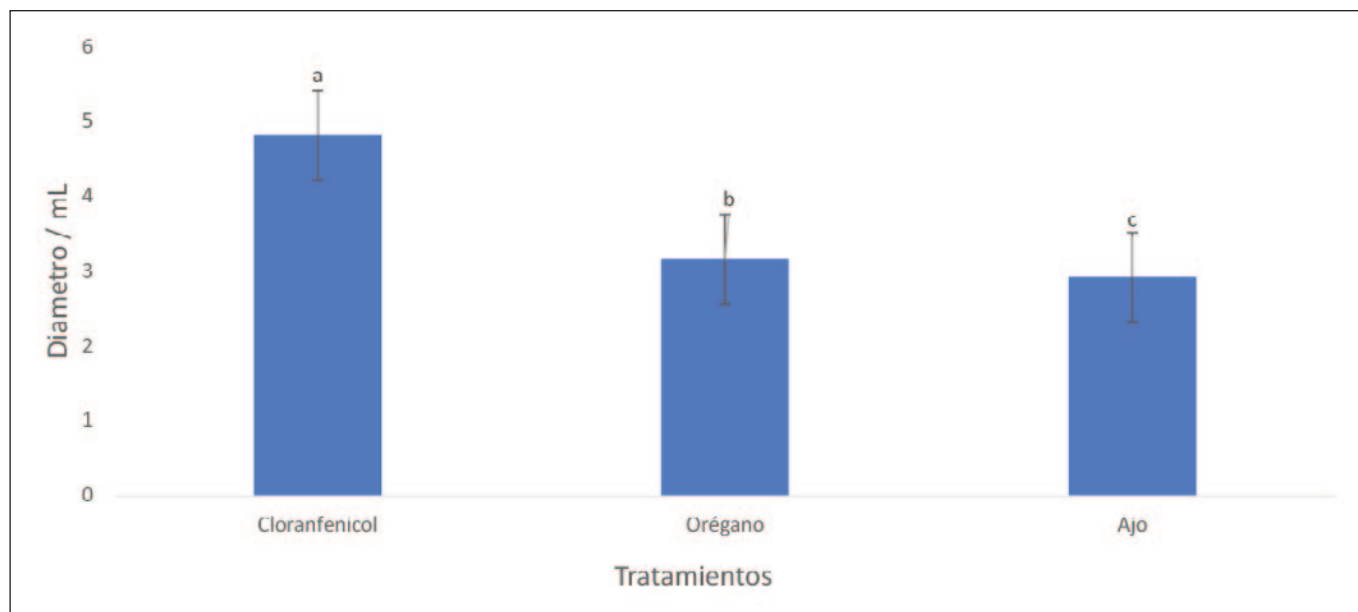


Figura 6. Comparación de actividad antibacteriana entre extractos naturales de orégano, ajo y cloranfenicol

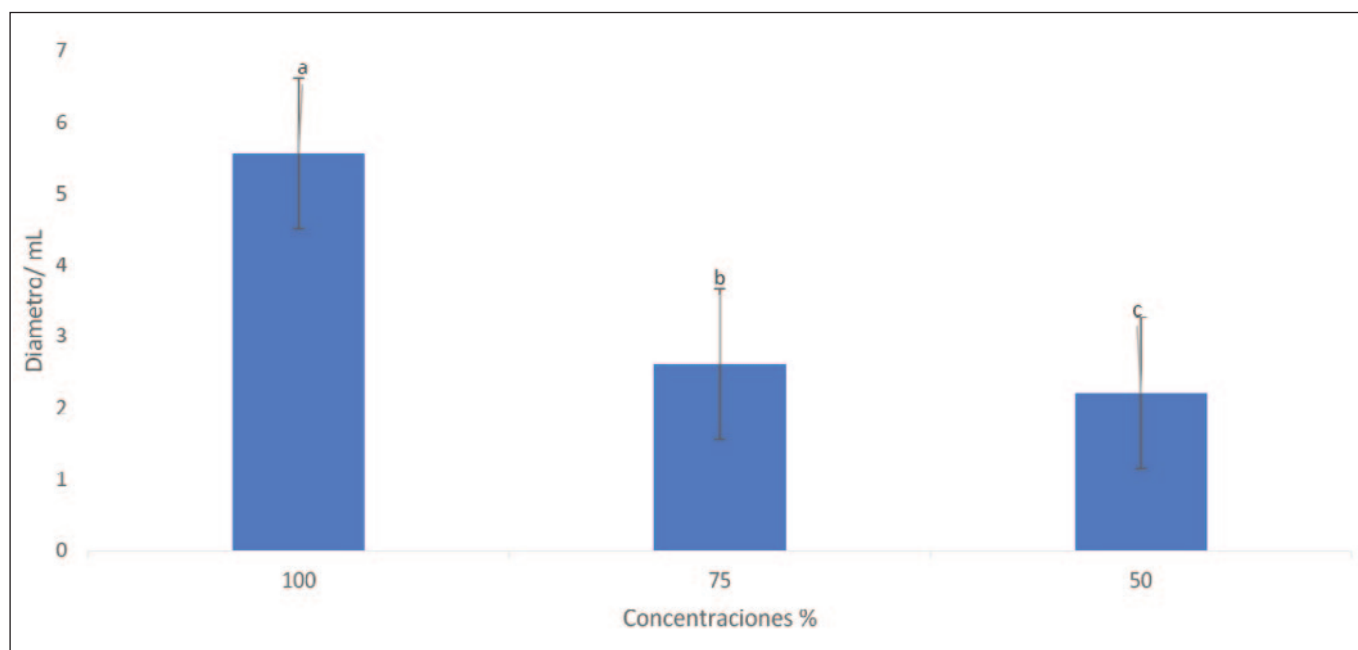


Figura 7. Efecto de Diferentes Concentraciones de Antimicrobianos (50%, 75%,100%) de Orégano, Ajo y Cloranfenicol

naturales de orégano, ajo y cloranfenicol en la inhibición de *Salmonella* spp., Los resultados mostraron que la concentración de 100% de cloranfenicol presentó la mayor inhibición con un valor de 5.57, seguida por la concentración de 75% de orégano con una inhibición de 2.62, y la concentración de 50% de ajo con una inhibición de 2.22. Estos resultados sugieren que, a concentraciones más altas de antimicrobianos, se logra una mayor inhibición de *Salmonella* spp.,

siendo el cloranfenicol el más efectivo, seguido por el orégano y el ajo.

Sin embargo, considerando que el cloranfenicol puede causar efectos adversos en la salud humana y está restringido en su uso en la industria alimentaria. El orégano, con una inhibición de 2.62 a una concentración del 100%, es seguro para el consumo humano y posee propiedades antimicrobianas adicionales, lo que lo convierte en una opción segura y efectiva.

Susceptibilidad bacteriana de *Salmonella* spp, frente a tres concentraciones de fitofármaco

En la Figura 8, presenta la actividad antibacteriana de diferentes tratamientos y concentraciones de antimicrobianos, incluyendo cloranfenicol, ajo y orégano, contra *Salmonella* spp. El cloranfenicol al 100% mostró la mayor actividad antibacteriana con un valor de 6.40, seguido por el cloranfenicol al 75% con 5.47 y el Orégano al 100% con 4.87. Las concentraciones más bajas de Cloranfenicol y Orégano (50% y 75%) tuvieron actividades menores, 4,67 y 3,44 respectivamente.

El Ajo al 100% y 75% presentó valores similares de 2.70 y 2.67, indicando una reducción en la efectividad con concentraciones más altas. El Ajo y Orégano al 50% mostraron las menores actividades antibacterianas con valores de 1.98 y 1.96. Estos resultados sugieren que ciertas concentraciones de antimicrobianos pueden tener un mayor efecto en la inhibición de *Salmonella* spp. destacando la eficacia del cloranfenicol y el orégano en comparación con el ajo.

DISCUSIÓN

Las sugerencias de los encuestados para los proveedores de huevos subrayan la importancia de varios aspectos clave, como la capacitación en manejo y almacenamiento adecuado, el control de calidad en la producción, y la mejora en la ca-

dena de suministro y almacenamiento¹⁷. Estas recomendaciones destacan la necesidad de abordar diversos elementos en la cadena de suministro de huevos para garantizar la calidad y seguridad del producto final, incluyendo la realización de una desinfección efectiva. En este contexto, Arias¹⁸, ha enfatizado la importancia de la colaboración entre proveedores y minoristas para implementar prácticas de control de calidad y optimizar los procesos logísticos, asegurando así la calidad de los productos ofrecidos a los consumidores.

En el estudio, se logró la purificación de cinco cepas de *Salmonella* spp. a partir de huevos comerciales vendidos en el mercado central del cantón El Empalme. Moreno & Kuffó¹⁹ desarrollaron diversos métodos de detección y aislamiento de *Salmonella*, obteniendo cinco cepas purificadas.

Se investigaron las características morfológicas de estas cepas, y los resultados mostraron que la forma predominante era irregular, seguida de la forma circular. Este hallazgo es consistente con el estudio de Guido²⁰, que también observó variabilidad en la morfología de las cepas de *Salmonella*. Todas las cepas presentaron una elevación plana y bordes enteros, y se agruparon en dos categorías con características similares, según Arias¹⁸.

La caracterización bioquímica, realizada mediante tinción Gram, confirmó que las cinco cepas aisladas de huevos co-

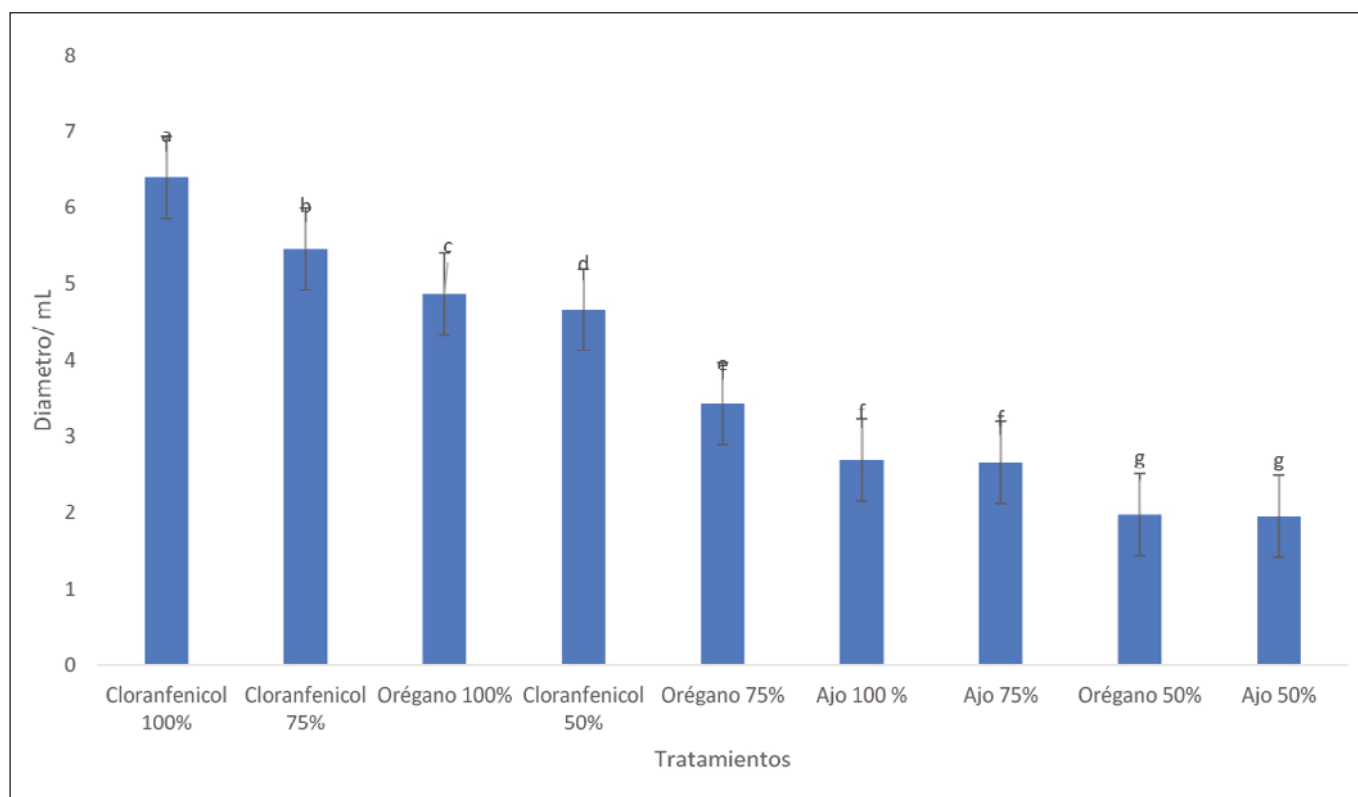


Figura 8. Comparación de actividad antibacteriana y efecto de diferentes concentraciones de antimicrobianos

merciales son Gram negativas, tiñéndose de color rojo. Este resultado concuerda con los hallazgos de Varela *et al.*²¹, quienes explican que las bacterias Gram negativas no retienen el complejo cristal violeta-yodo debido a su menor contenido de peptidoglucano, lo que resulta en la coloración roja característica.

La presencia de *Salmonella* spp., evidenciada mediante unidades formadoras de colonias (UFC), también corroboró la naturaleza Gram negativa de estas cepas, que presentan una coloración rosa-rojo, tal como describe Estrada²². Estos resultados, respaldados por Moreno & Kuffó¹⁹, subrayan la importancia de la tinción Gram y la caracterización bioquímica en la identificación de bacterias Gram negativas como *Salmonella* spp., destacando las implicaciones de su estructura celular para la resistencia antimicrobiana y las estrategias de tratamiento.

El cloranfenicol demostró una inhibición significativa de cepas de *Salmonella* spp. en todos los tratamientos, confirmando su alta eficacia en comparación con los extractos de orégano y ajo. Estos resultados destacan al cloranfenicol como una opción efectiva para el tratamiento de infecciones causadas por *Salmonella* spp..

CONCLUSIÓN

La encuesta realizada a los expendedores de huevos en el mercado central del cantón El Empalme demostró una notable diversidad en las fuentes de aprovisionamiento, desde proveedores específicos hasta granjas locales certificadas. Los expendedores destacan la frescura como el principal criterio al evaluar la calidad de los huevos, seguido por el tamaño y la integridad de la cáscara. Este énfasis en la frescura destaca la necesidad de optimizar las prácticas de manejo, transporte y almacenamiento para garantizar que los consumidores reciban productos de alta calidad.

El aislamiento de las 5 cepas en estudio demostraron ser Gram negativa de color rosa rojo, de catalasa positiva, todos sus bordes enteros, de elevación plano, y de forma irregular para las colonias 1, 2, 4, las colonias 3, 4 resultado ser de forma circular, confirmando, la presencia de UFC *Salmonella* spp. en huevos comercializados en el mercado central del cantón El Empalme, y resaltan la importancia de adoptar medidas preventivas y de control para garantizar la inocuidad de los alimentos y proteger la salud pública.

Los resultados del antibiograma entre antimicrobianos demostraron, que tanto los extractos hidroalcohólico naturales: orégano grande (*Plectranthus amboinicus*) y ajo (*Allium sativum*), y el fármaco convencional cloranfenicol mostraron efectividad en la inhibición de *Salmonella* spp, ofreciendo perspectivas prometedoras para su control y aseguramiento de la inocuidad en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Yépez P, Luis V, Vera F, Rodríguez S, Romero D, Pazmiño A. Effect of different levels of brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) application on productive parameters and economic analysis. *Rev la Fac Agron y Vet* [Internet]. 2024;7(14):1–31. Available from: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/820/8205116001/html/>
2. Guier M, Davidovich G, Wong E, Cubero E. Calidad microbiológica y fisicoquímica y sabor de huevos de gallina de producción convencional o pastoreo. *Agron Mesoam* [Internet]. 2022;33(1):1–18. Available from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrome-so/article/view/46140>
3. Yenilmez F, Bulancak A. Microbiological quality of table eggs sold at different sales location. *Çukurova J Agric Food Sci* [Internet]. 2020;35(2):115–24. Available from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cutarim/issue/58979/837764>
4. Gong H, Yang Z, Celi P, Yan L, Ding X, Bai S, et al. Effect of benzoic acid on production performance, egg quality, intestinal morphology, and cecal microbial community of laying hens. *Poult Sci* [Internet]. 2015;100(1):196–205. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579120307173?via%3Dihub>
5. Jaramillo E, Flórez L, Ocampo D. High Prevalence of *Salmonella* spp. in Ready-to-Eat Artisanal Pork Sausages Sold at Food Outlets in Quindío, Colombia. *Pathogens* [Internet]. 2025;14(1):1–12. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-0817/14/1/31>
6. Alfaro R. Aspectos relevantes sobre *Salmonella* sp en humanos Relevant aspects of *Salmonella* sp in humans. *Rev Cuba Med Gen Integr* [Internet]. 2018;34(3):110–22. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-2125201800300012
7. Maruf M, Rahman S. *Salmonella* in the environment: A review on ecology, antimicrobial resistance, seafood contaminations, and human health implications. *J Hazard Mater Adv* [Internet]. 2024;13(13):1–12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416624000081>
8. Majowicz S, Musto J, Scallan E, Hoekstra R. The Global Burden of Nontyphoidal *Salmonella* Gastroenteritis. *Clin Infect Dis* [Internet]. 2010;50(6):22–5. Available from: <https://academic.oup.com/cid/article-abstract/50/6/882/419872?redirectedFrom=fulltext&login=false>
9. Sol D, Cordero N, Quezada M, Escobar C, Toro M. Prevalence of *Salmonella* in Eggs from Conventional and Cage-Free Egg Production Systems and the Role of Consumers. *Foods* [Internet]. 2023;12(4300):1–13. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/23/4300>
10. Beads I, Kubo I, Kajiya M, Aramaki N, Furutani S. Detection of *Salmonella* Enterica in egg yolk by PCR on a microfluidic disc device using. *Sensors* [Internet]. 2020;20(4):1–13. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/4/1060>
11. Alzahrani K, Reshooi F, Alshdokhi E, Alhamed A. Antimicrobial resistance and genomic characterization of *Salmonella* enterica isolates from chicken meat. *Front Microbiol* [Internet]. 2023;14:1–

12. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1104164/full>
12. Whiley H, Ross K. Salmonella and Eggs: From Production to Plate. *Int J Environ Res Public Heal* [Internet]. 2015;12(3):2543–56. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/12/3/2543>
13. Münster P, Pöppel L, Antakli A, Müller D, Radko D, Kemper N. The detection of Salmonella Enteritidis on German layer farms after cleaning and disinfection. *Animals* [Internet]. 2023;13(6):1–13. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/6/2588>
14. Vera J, Vera F. Resumen de principios de diseños experimentales [Internet]. 1st ed. Compás G, editor. Guayaquil; 2018. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/38d61666-50f4-472f-aa9b-a30191588727>
15. Romero OY, Andrea J, Celis H. Actividad inhibitoria de los extractos de ajo, café, albahaca, orégano y romero contra bacterias patógenas. *Rev Cienc Lat* [Internet]. 2024;8(6):7773–88. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/15464>
16. Ruiz M, Ramallo G, Etcheverría A. Diferentes métodos para aislamiento y detección de Salmonella spp. en canales porcinas. *Rev Colomb Biotechnol* [Internet]. 2018;20(2):117–23. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752018000200117
17. Castañeda R, Pulido A, Mendoza M, Carrascal A, Sandoval K. Detección e identificación de Salmonella spp. en huevos para consumo humano, provenientes de diferentes localidades de Bogotá, Colombia, 2015. *Infectio* [Internet]. 2017;21(3):154–9. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-93922017000300154
18. Arias A. Determinación de la prevalencia de Salmonella spp. en huevos de gallina tipo criollo comercializados en mercados municipales [Internet]. Universidad Politécnica Salesiana; 2020. p. 1–59. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18591>
19. Moreno E, Kuffó A. Determinación de Salmonella en huevos frescos de gallina (Gallus Gallus Domesticus) que se expenden en la ciudad de Guayaquil. *UNESUM-Ciencias Rev Cient Multidiscip* [Internet]. 2020;3(3):123–8. Available from: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesciencias/article/view/162>
20. Guido V. Determinación de resistencia antibiótica de Salmonella spp. A partir de huevos de gallinas que se comercializan en los mercados del cantón Latacunga [Internet]. Universidad Técnica de Cotopaxi; 2022. p. 1–57. Available from: <https://repositorio.utc.edu.ec/items/80400304-5b7e-42ee-aa68-6d4c7d9a21a0>
21. Varela Z, Lavalle L, Alvarado D. Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia. Bacteria causing of foodborne diseases: an overview at Colombia. *Rev Científica Salud Uninorte* [Internet]. 2016;32(1):105–22. Available from: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/7333>
22. Estrada J. Determinación de Salmonella spp. En Huevos frescos de gallina en los principales mercados de la ciudad de Quito [Internet]. Universidad Central del Ecuador; 2012. p. 1–88. Available from: <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/e2c0a7c0-35de-4414-a02c-1f6ffa582441>