

4. ECONOMÍA Y POLÍTICA

Infecciones alimentarias bacterianas y el rol emergente de los bacteriófagos

Edú Ortega-Ibarra¹, María de los Ángeles Venegas-Toledo², Ilse Haide Ortega-Ibarra³

¹Profesor Investigador T. C. Universidad del Istmo. ²Alumna de Licenciatura en Nutrición de la Universidad del Istmo. ³Profesora Investigadora T. C.; Coordinadora General del Centro de Investigación en Nutrición y Alimentación. Universidad del Istmo.

Contacto: Carretera Transísmica Juchitán - La Ventosa Km. 14, La Ventosa, Oaxaca., México C.P. 70102
eoi@bizendaa.unistmo.edu.mx

Palabras clave: inocuidad, bacterias, bacteriófagos, contaminación, alimentos

Introducción

Las enfermedades transmitidas por alimentos representan uno de los problemas más persistentes para la salud pública mundial. Según estimaciones recientes, las bacterias patógenas son responsables de la mayor parte de estos eventos, ocasionando millones de casos anuales de diarrea, hospitalizaciones y pérdidas económicas asociadas. Su origen suele radicar en la combinación de contaminación primaria de la materia prima, sobre todo productos de origen animal, y deficiencias posteriores de higiene o control de temperatura a lo largo de la cadena alimentaria. A nivel colectivo, estas fallas impactan no solo la seguridad del consumidor, sino también la nutrición ambiental, al comprometer la disponibilidad de alimentos inocuos y sostenibles.

El control tradicional basado en antimicrobianos y desinfectantes químicos enfrenta hoy limitaciones importantes, entre ellas la creciente resistencia bacteriana y las preocupaciones por los residuos en los ecosistemas. En este escenario, los bacteriófagos emergen como una alternativa prometedora. Estos virus, capaces de infectar y destruir bacterias de forma altamente específica, pueden incorporarse en estrategias de biocontrol y desinfección sin dañar a las células humanas ni al medio ambiente. Analizar el potencial de los fagos, junto con las buenas prácticas de producción y manipulación, resulta esencial para avanzar hacia sistemas alimentarios seguros, nutritivos y respetuosos con el entorno. El presente artículo revisa los principales patógenos bacterianos implicados en brotes alimentarios, identifica los puntos críticos de contaminación y expone los avances más recientes sobre la aplicación de bacteriófagos como herramienta complementaria de inocuidad.

Impacto de los patógenos bacterianos

Actualmente, las enfermedades transmitidas por los alimentos siguen representando un importante problema de salud pública. Estas enfermedades son más comunes de lo que se cree, aunque muchas pasan desapercibidas al no ser denunciadas. Esta subnotificación obedece, en gran medida, a que los afectados tienden a interpretar la sintomatología como un malestar transitorio de escasa relevancia clínica. Aunque la mayoría de las infecciones alimentarias se resuelven de forma autolimitada en pocos días, la ausencia de reportes y la limitada conciencia sobre sus posibles complicaciones generan un volumen significativo de casos no registrados, lo que entorpece la vigilancia epidemiológica y dificulta la implementación oportuna de medidas de control (1). En México, los casos sospechosos deben

notificarse a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica a través de las unidades de salud o directamente ante COFEPRIS mediante el formato de Aviso Epidemiológico. El comensal o responsable del establecimiento puede presentar evidencia como restos del alimento, ticket de compra y reporte médico. Estos reportes alimentan la base de datos SISVER y permiten activar las acciones de control y retiro de productos cuando se identifica un foco. La falta de conocimiento sobre este procedimiento, sumada a la percepción de cuadros leves, explica la subnotificación observada.

Los microorganismos patógenos de los alimentos siguen siendo un importante problema sanitario y económico, ya que son capaces de provocar enfermedades alimentarias de origen bacteriano. Estas bacterias (*ver Imagen 1.*) son responsables de una gran variedad de infecciones, siendo las más comunes *Escherichia coli* (en sus diversas cepas patógenas), *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Campylobacter fetus*, *C. jejuni*, *Bacillus cereus*, *Yersinia spp.*, *Clostridium spp.*, *Proteus spp.* y *Vibrio spp.* Todas estas bacterias están comúnmente relacionadas con diarreas infecciosas, una de las formas más frecuentes de enfermedades alimentarias, que afectan a millones de personas en todo el mundo (2).

La incidencia de enfermedades alimentarias transmitidas por bacterias es considerablemente menor en las regiones del mundo que cuentan con mayor desarrollo y condiciones sanitarias. Esto se debe a las estrictas medidas de higiene y control en la preparación de alimentos, lo que minimiza el riesgo de contaminación. Sin embargo, en áreas con menor acceso a estas condiciones, la incidencia de infecciones es mucho mayor, lo que refleja una desigualdad en los sistemas de salud y seguridad alimentaria. Las bacterias que contaminan especialmente las carnes y otros productos de origen animal son las más comunes, aunque existen otras bacterias que pueden contaminar productos de mar, afectando particularmente a los alimentos salados (3).

Los síntomas tras una infección alimentaria ocasionada por bacterias generalmente se manifiestan pocas horas después de la ingestión del alimento contaminado. Los síntomas más comunes incluyen molestias estomacales, náuseas, vómitos, diarrea y fiebre. La mayoría de estas infecciones no suelen ser graves, ya que se resuelven dentro de un plazo de dos a cinco días. Sin embargo, existen algunas bacterias capaces de causar problemas más graves en la salud humana, como bronquitis, neumonía, infecciones intraabdominales, peritonitis e infecciones cardiovasculares. La gravedad de estas enfermedades aumenta la carga sobre los sistemas de salud, además de implicar altos costos en tratamientos médicos (4, 5). El control del deterioro de los alimentos y de los microorganismos patógenos se logra principalmente mediante productos químicos sintéticos, aunque estos productos pueden tener efectos secundarios no deseados, lo que plantea un reto adicional en la industria alimentaria y en la salud pública (6).

Patógenos en Alimentos de Origen Animal

Los microorganismos patógenos, que incluyen bacterias, hongos, priones, protozoos y virus, son capaces de afectar la salud humana, y su presencia en los alimentos representa una de las principales amenazas para la seguridad alimentaria. Dentro de los alimentos más susceptibles a la contaminación bacteriana se encuentran aquellos de origen animal, debido a la naturaleza misma de los animales, sus condiciones de cría y los procesos de sacrificio que pueden no siempre cumplir con los estándares sanitarios adecuados (7).

La demanda mundial de alimentos de origen ganadero es incesante, lo que hace necesario estudiar y comprender los puntos críticos en la cría de ganado, especialmente los relacionados con los patógenos. Estos patógenos constituyen uno de los principales peligros para la bioseguridad de la cría de animales de granja, poniendo en riesgo tanto la salud de los consumidores como la seguridad alimentaria global. Un ejemplo de ello es el patógeno *Aliarcobacter* spp., que se encuentra en la microbiota intestinal de los animales de granja, tanto en aquellos con diarrea como en los que no presentan síntomas. Esta bacteria es capaz de colonizar los intestinos del ganado y se transmite a través de las heces, lo que implica un riesgo significativo para los mataderos y los productos lácteos debido a la contaminación fecal (8,9).

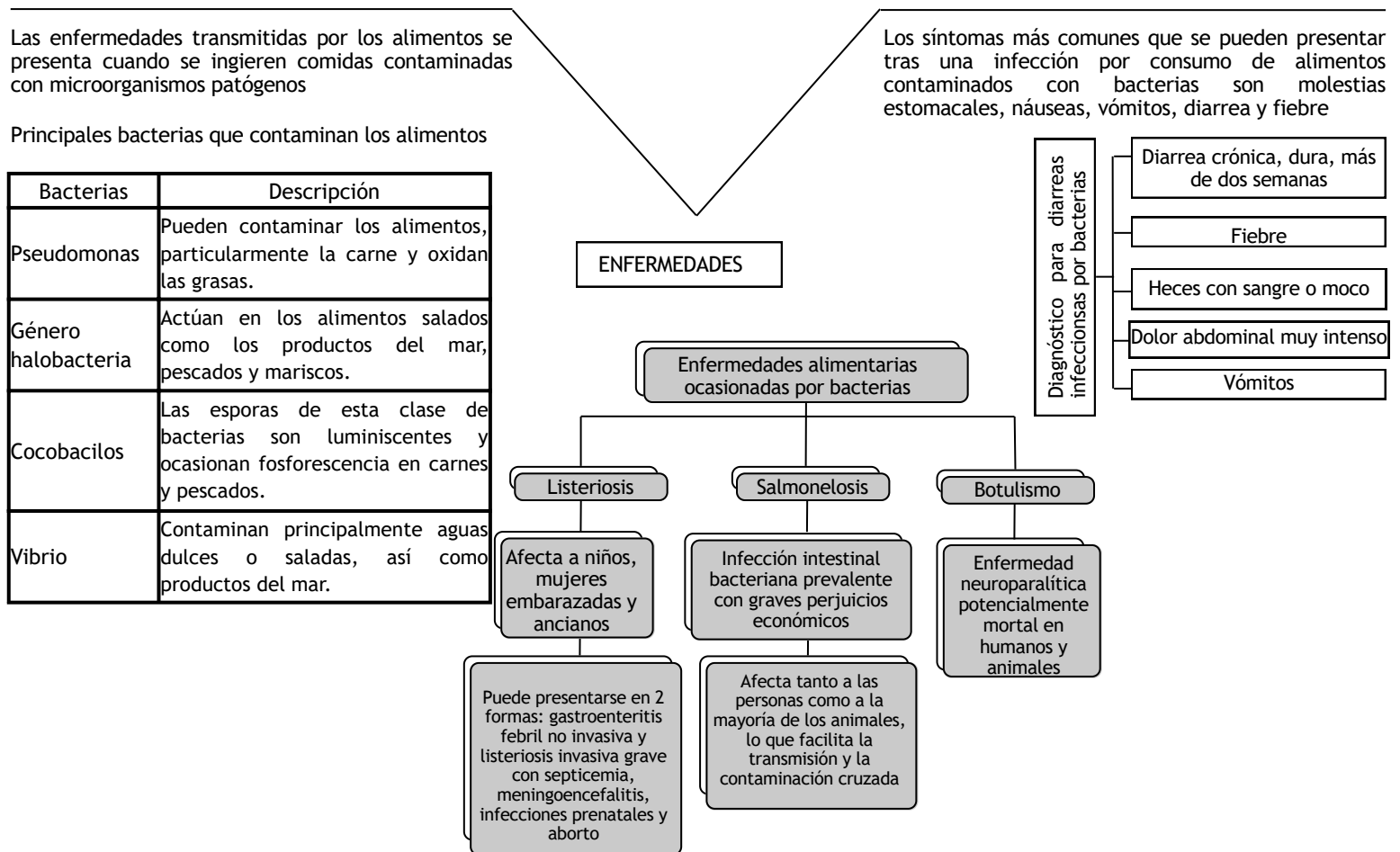
Contaminación alimentaria por consumo de aves de corral

Se conoce como ave de corral a aquellos animales con alas que pueden ser domesticados con gran facilidad y criados en cautiverio para diversos fines, tales como la producción de alimentos o la ornamentación. Entre los ejemplos más comunes de aves de corral se encuentran los gallos, gallinas, pavos, gansos, patos, palomas, avestruces, codornices, faisanes y pavos reales. Estas aves tienen la capacidad de adaptarse a diversos entornos de crianza, lo que las convierte en animales de gran valor económico y cultural en muchas regiones del mundo (10).

Las heces, restos de comida, material de cama y plumas que conforman la cama de las aves de corral constituyen un fertilizante orgánico de alta calidad y bajo costo para el suelo. Este abono, rico en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, mejora significativamente la calidad del suelo y la productividad de los cultivos. Gracias a sus propiedades fertilizantes, se ha convertido en un recurso ampliamente utilizado en la agricultura a nivel mundial, promoviendo una opción sostenible y económica para el manejo de suelos agrícolas (11).

Aparte de su valor como fertilizante, el material utilizado como cama para los animales puede albergar diversos patógenos como virus, bacterias, parásitos y hongos. La combinación de materiales de cama, excrementos de pollo y plumas parece influir en el desarrollo de patógenos, lo que aumenta el riesgo de contaminación. Los patógenos microbianos son una de las principales preocupaciones en la industria alimentaria, por lo que la calidad de la cama de las aves de corral puede tener un impacto directo en la seguridad alimentaria (11, 12).

Imagen 1. UV de Gowin de Contaminación alimentaria por bacterias principales géneros implicados, enfermedades asociadas y signos clínicos.



Elaboración propia con base en la información de las referencias 1-9 y 11.

Bacteriófagos como desinfectantes para la eliminación de bacterias

Los bacteriófagos, también conocidos como fagos, son virus altamente especializados que infectan bacterias, desencadenando su destrucción. Una de sus principales ventajas es que son completamente inocuos para los seres humanos, plantas, animales y el medio ambiente, lo que los convierte en una herramienta potencialmente segura y ecológica para el control de infecciones bacterianas. A diferencia de los antibióticos convencionales, que pueden afectar tanto a bacterias patógenas como a las bacterias beneficiosas, los bacteriófagos actúan de manera específica sobre las bacterias, atacando únicamente a las cepas para las cuales están diseñados. Esta alta especificidad les confiere la capacidad de eliminar bacterias patógenas sin alterar el equilibrio microbiológico de los organismos hospedadores, lo que los hace útiles en la medicina, la agricultura y la industria alimentaria como alternativa a los antibióticos y a los pesticidas químicos (13).

Al igual que otros virus, los bacteriófagos se encuentran en una zona intermedia entre los organismos vivos y la materia inerte. Carecen de la capacidad para realizar procesos metabólicos autónomos y, por lo tanto, no pueden reproducirse fuera de las células bacterianas. Esta peculiaridad los sitúa en un estado liminal, donde solo se manifiestan como seres "vivos" cuando infectan una célula huésped y utilizan su maquinaria celular para replicarse. Esta característica los hace únicos en el reino de los virus y resalta su potencial en el tratamiento de infecciones bacterianas resistentes, una creciente preocupación en la salud pública a nivel mundial. Los bacteriófagos se presentan como una prometedora alternativa para tratar infecciones resistentes a los antibióticos tradicionales, lo que los convierte en una herramienta clave en la lucha contra la resistencia bacteriana (14).

En la actualidad, los bacteriófagos se han utilizado con éxito como desinfectantes en diversos sectores, incluidos el alimentario, medioambiental y agrícola, debido a su capacidad para eliminar bacterias patógenas de manera específica. Su uso en la industria alimentaria es particularmente valioso, ya que pueden aplicarse directamente sobre alimentos contaminados para reducir la carga bacteriana sin comprometer la calidad del producto. Además, los fagos han demostrado ser efectivos en aplicaciones médicas, donde se emplean para tratar infecciones bacterianas humanas, especialmente aquellas causadas por cepas resistentes a los antibióticos, como *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA) y *Escherichia coli* O157:H7 (15, 16).

Muchos bacteriófagos, como los específicos para *Yersinia pestis*, la bacteria causante de la peste, tienen la capacidad de lisar esta bacteria, es decir, de destruirla. Algunos de estos fagos han sido utilizados históricamente en tratamientos antibacterianos para combatir la peste, lo que subraya su potencial en el control de enfermedades infecciosas. Esta capacidad de los bacteriófagos para atacar bacterias de manera selectiva, sin afectar a células humanas u otros organismos, los convierte en una alternativa prometedora frente a los antibióticos tradicionales y los métodos de control bacteriano convencionales. El uso de bacteriófagos en la medicina, junto con otras terapias emergentes, podría transformar el enfoque actual para tratar infecciones bacterianas resistentes, ofreciendo nuevas esperanzas en el tratamiento de enfermedades que hoy son difíciles de controlar (16-18).

Conclusión

Las infecciones alimentarias bacterianas siguen siendo un reto sanitario y económico de gran magnitud, sobre todo cuando fallan las medidas de higiene y control de temperatura en la cadena de producción, distribución y consumo. El conocimiento de los patógenos clave, su origen en productos de origen animal y los puntos críticos de contaminación permite orientar acciones preventivas que protejan la salud pública y garanticen una nutrición segura. Sin embargo, la creciente resistencia antimicrobiana y la presión por reducir el uso de químicos subrayan la necesidad de estrategias complementarias que salvaguarden la inocuidad sin comprometer la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, los bacteriófagos ofrecen una herramienta selectiva y ecológica para disminuir la carga bacteriana en alimentos, superficies y entornos agropecuarios. Su especificidad minimiza el impacto sobre la microbiota benéfica y reduce la dependencia de desinfectantes de amplio espectro, al tiempo que contribuye a mitigar la diseminación de

genes de resistencia. Integrar los fagos con buenas prácticas de producción, cadenas de frío robustas y educación al consumidor puede transformar la gestión de los patógenos alimentarios y avanzar hacia sistemas alimentarios que sean simultáneamente seguros, nutritivos y ambientalmente responsables.

Acrónimos

COFEPRIS - Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

SISVER - Sistema de Vigilancia Epidemiológica (base de datos nacional)

MRSA - Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*

Referencias

1. Elbehiry A, Abalkhail A, Marzouk E, et al. An overview of the public health challenges in diagnosing and controlling human foodborne pathogens. *Vaccines*. 2023;11(4):725.
2. Gómez-Duarte OG, Bai J, Newell E. Detection of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio cholerae*, and *Campylobacter* spp. enteropathogens by 3-reaction multiplex polymerase chain reaction. *Diagn Microbiol Infect Dis*. 2009;63(1):1-9.
3. Lorenzo JM, Muneke PE, Dominguez R, Pateiro M, Saraiva JA, Franco D. Main groups of microorganisms of relevance for food safety and stability: General aspects and overall description. In: Barba FJ, Sant'Ana AS, Orlén V, Koubaa M, editors. *Innovative Technologies for Food Preservation*. London: Academic Press/Elsevier; 2018. p.53-107.
4. Mayo Clinic Staff. Food poisoning [Internet]. Rochester (MN): Mayo Clinic; 2024 Feb 23 [cited 2025 Jul 22]. Available from: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/food-poisoning>
5. Brook I. Anaerobic infections in children. *Microbes Infect*. 2002;4(12):1271-80.
6. Pakdel M, Olsen A, Bar EMS. A review of food contaminants and their pathways within food processing facilities using open food processing equipment. *J Food Prot*. 2023;86(12):100184.
7. Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. *Molecular Biology of the Cell*. 4th ed. New York: Garland Science; 2002. Introduction to pathogens. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26917/>
8. Renault V, Humblet MF, Pham PN, Saegerman C. Biosecurity at cattle farms: Strengths, weaknesses, opportunities and threats. *Pathogens*. 2021;10(10):1315.
9. Çelik C, Pınar O, Sipahi N. The prevalence of *Aliarcobacter* species in the fecal microbiota of farm animals and potential effective agents for their treatment: A review of the past decade. *Microorganisms*. 2022;10(12):2430.
10. Mozdziak P. Species of meat animals: Poultry. In: *Reference Module in Food Science* [Internet]. Elsevier; 2019 [cited 2025 Jul 22]. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21534-1>
11. Gomes B, Pena P, Cervantes R, Dias M, Viegas C. Microbial contamination of bedding material: One Health in poultry production. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(24):16508.
12. Corrêa-Junior D, Parente CET, Frases S. Hazards associated with the combined application of fungicides and poultry litter in agricultural areas. *J Xenobiot*. 2024;14(1):110-34.

13. Fathima B, Archer AC. Bacteriophage therapy: Recent developments and applications of a renaissant weapon. *Res Microbiol*. 2021 Sep;172(6):103863.
14. Romero-Calle D, Guimarães Benevides R, Góes-Neto A, Billington C. Bacteriophages as alternatives to antibiotics in clinical care. *Antibiotics (Basel)*. 2019 Sep 4;8(3):138.
15. Puxty RJ, Millard AD. Functional ecology of bacteriophages in the environment. *Curr Opin Microbiol*. 2023 Feb;71:102245.
16. Bai Y, Wang W, Shi M, et al. Novel antibiofilm inhibitor ginkgetin as an antibacterial synergist against *Escherichia coli*. *Int J Mol Sci*. 2022 Aug 8;23(15):8809.
17. Dedrick RM, Guerrero-Bustamante CA, Garlena RA, Russell DA, Ford K, Harris K, et al. Engineered bacteriophages for treatment of a patient with a disseminated drug-resistant *Mycobacterium abscessus*. *Nat Med*. 2019 May;25(5):730-733.
18. Jin H, Zhong Y, Wang Y, Zhang C, Guo J, Shen X, Li C, Huang Y, Xiong H, Wang P, Li W. Two novel *Yersinia pestis* bacteriophages with a broad host range: potential as biocontrol agents in plague natural foci. *Viruses*. 2022 Dec 8;14(12):2740.