

A close-up photograph of a person's hand with light-colored skin and manicured nails, gently touching a vibrant green, textured surface of moss. The background is a dense, out-of-focus forest floor covered in similar moss, creating a rich, natural setting. The lighting is soft, highlighting the textures of the skin and the moss.

Meio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 3

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

A black and white photograph of a hand gently touching a mound of dark, rich soil. The hand is on the left side of the frame, with fingers slightly spread. The soil is on the right, showing its texture and depth. The background is a dark, textured surface, possibly more soil or a wall.

Meio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 3

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Medio ambiente: preservación, salud y sobrevivência 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M491 Medio ambiente: preservación, salud y sobrevivência 3 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0609-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.099222610>

1. Medio ambiente. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da
Silva (Organizador). II. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



PRESENTACIÓN

El e-book titulado: “Medio Ambiente: Preservación, Salud y Survival 3” consta de cuatro capítulos que buscan investigar: *i)* el uso de la fagoterapia en la conservación de alimentos procesados industrialmente; *ii)* manejo y conservación de áreas de protección permanente en ciudades de México y; *iii)* estado del arte del análisis ecotoxicológico de efluentes.

El primer capítulo evaluó el uso de la fagoterapia en la reducción de microorganismos nocivos para la salud humana y que contribuyen al deterioro de los alimentos. Para los autores, si bien existe una diversidad de cepas de fagos comerciales, estas necesitan experimentar mejoras entre las numerosas variables que afectan las condiciones ambientales de uso.





Los capítulos 2 y 3 presentan trabajos de las ciudades de Hidalgo y Cabo Pulmo, respectivamente, ubicadas en México. El primer trabajo buscó desarrollar material didáctico (guía, folletos, juegos de memoria) con el fin de contribuir a una mejor comprensión de las numerosas especies de cactus que se encuentran en la Reserva Barranca de Metztitlán en la ciudad de Hidalgo. El capítulo 3 investigó el sistema de preservación del sistema de corales ubicado en el Parque Nacional en la ciudad de Cabo Pulmo en México, los investigadores presentaron una serie de factores que contribuyeron a convertirse en un referente internacional de conservación de corales.

El cuarto capítulo realizó una revisión sistémica en relación a los análisis ecotoxicológicos aplicados a efluentes de diversa naturaleza. Los investigadores concluyeron que, a pesar de la existencia de numerosos estudios y, en consecuencia, del aumento del conocimiento científico, es necesario intensificar aún más los estudios de toxicidad aguda y crónica para los organismos diana en los diferentes niveles tróficos de la cadena alimentaria.

En esta perspectiva, Atena Editora viene trabajando para estimular y alentar a cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con garantía de calidad y excelencia en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EMPLEO DE FAGOS PARA BIOCONTROL EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS	
Maridania Jabier Frias	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226101	
CAPÍTULO 2	12
GUÍA DE CACTÁCEAS DEL JARDÍN BOTÁNICO DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA BARRANCA DE METZTITLÁN, HIDALGO	
Cirenio Velasco Castillo	
Cesar Alejandro Hernández Pérez	
Ricardo Guevara Herrera	
Felipe J. Flores Hernández	
Raúl Valentín Islas	
Cesar Jiménez Pelcastre	
Raúl Gómez Villegas	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226102	
CAPÍTULO 3	23
GESTION DE UN PARQUE NACIONAL ARRECIFAL: CABO PULMO, MEXICO	
Oscar Arizpe Covarrubias	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226103	
CAPÍTULO 4	32
ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS APLICADAS A EFLUENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Camylla Carneiro Rodrigues	
Rosana Gonçalves Barros	
Viníciu Fagundes Bárbara	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226104	
SOBRE EL ORGANIZADOR	44
ÍNDICE REMISSIVO	45

CAPÍTULO 1

EMPLEO DE FAGOS PARA BIOCONTROL EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS

Data de aceite: 03/10/2022

Maridania Jabier Frias

RESUMEN: La transmisión de enfermedades bacterianas y el deterioro de los alimentos a causa de microorganismos es uno de los grandes problemas que afectan la salud pública y la economía a nivel mundial. los diferentes métodos utilizados para la prevención y eliminación de microorganismos en los alimentos no resultan ser totalmente eficaces, demostrado por la constante aparición de brotes y las cifras de afectados por enfermedades adquiridas a través de productos alimenticios que van en aumento cada año. Esto ha llevado a retomar un método muy conocido desde la antigüedad, la fagoterapia, es decir, el empleo de fagos (virus y sus derivados que matan bacterias) para la reducción de bacterias patógenas que se presentan en los alimentos. La fagoterapia puede usarse desde la producción primaria de alimentos, partiendo de que esta es una de las etapas más importantes y las medidas aplicadas en esta repercuten de manera directa en todos las demás del proceso de producción y alimentaria, más en aquellos productos que no son sometidos a algún proceso, frutas y vegetales listos para comer. Los fagos son muy reconocidos por su alta especificidad frente a bacterias, gracias a la presencia de receptores concretos que hacen que estos solo eliminen a su hospedador bacteriano, resultando inocuo para las personas. La utilidad de los fagos es ideal para hacer frente al aumento de aparición

de bacterias resistentes asociadas al uso de los antimicrobianos, que también está muy ligada a la producción de alimentos especialmente de origen cárnico. Esta revisión proporciona una actualización del empleo de fagos para reducir las bacterias presentes en los alimentos, desde la producción primaria ya sean alimentos de origen ganadero, acuícola, agrícola o proveniente de aves de corral.

PALABRAS CLAVE: Fagoterapia, inocuidad, alimentaria, bacteriófago.

USE OF PHAGES FOR BIOCONTROL IN PRIMARY FOOD PRODUCTION PROCESSES

ABSTRACT: The transmission of bacterial diseases and food spoilage caused by microorganisms is one of the major problems affecting public health and the economy worldwide. the different methods used for the prevention and elimination of microorganisms in food do not turn out to be totally effective, demonstrated by the constant appearance of outbreaks and the numbers of people affected by diseases acquired through food products that are increasing every year. This has led to retaking a well-known method since ancient times, phage therapy, that is, the use of phages (viruses and their derivatives that kill bacteria) to reduce pathogenic bacteria that occur in food. Phage therapy can be used from the primary production of food, assuming that this is one of the most important stages and the measures applied in this have a direct impact on all the others in the production and food process, more on those products that are not processed, ready-

to-eat fruits and vegetables. Phages are well known for their high specificity against bacteria, thanks to the presence of specific receptors that only eliminate their bacterial host, resulting in harmless people. The usefulness of phages is ideal to deal with the increase in the appearance of resistant bacteria associated with the use of antimicrobials, which is also closely linked to food production, especially of meat origin. This review provides an update on the use of phages to reduce bacteria present in foods, from primary production, whether they are foods of livestock, aquaculture, agricultural or poultry origin.

KEYWORDS: Phagotherapy, safety, food, bacteriophage.

1 | INTRODUCCIÓN: LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS Y EL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La producción de alimentos es una de las actividades antrópicas necesarias para la subsistencia de la humanidad y requiere que los productos que resulten de esta acción no vayan asociados a peligros para los consumidores. Es la etapa dedicada a la extracción y recolección de los recursos naturales con poca o ninguna manipulación. Es la actividad de producción que incluye la cosecha, el ordeño y la crianza de animales para fines alimenticios antes de su sacrificio, además también de la caza y la pesca (González, 2019).

Los riesgos que se pueden presentar a través de un alimento son de diferentes tipos, dependiendo de su origen: físico, químico y biológico. Dentro de las alternativas para enfrentar uno de los riesgos biológicos, es el uso de bacteriófagos o terapia fágica como método de biocontrol frente a las bacterias patógenas que contaminan y las que causan deterioro en la producción primaria de alimentos.

En las últimas décadas se viene dando un incremento del consumo de alimentos frescos, de frutas, vegetales y hortalizas como respuesta a la promoción de la salud relacionada con la ingesta de alimentos lo menos procesados posible. (Gutierrez, Fernandez, Rodriguez, & Garcia, 2020). Esto, a su vez, va de la mano de un incremento de las enfermedades alimentarias asociadas a los productos no procesados y/o frescos, provocando la atención a la inocuidad en los productos agrícolas (Cortés-Higareda, Bautista-Baños, Ventura-Aguilar, Landa-Salgado, & Hernández-López, 2021). Las demandas de alimentos “*ready to eat*” exigen cada vez más normativas y requerimientos para una producción con la menor concentración de productos químicos o sin el uso de pesticidas, esto amerita de una búsqueda de alternativas naturales para eliminar peligros asociados a los alimentos. Los fagos bacterianos ofrecen un medio natural de biocontrol para que sea posible cubrir esta necesidad y su eficacia en la primera etapa de producción alimentaria está demostrado (O’Sullivan, Bolton, MacAulife & Coffey 2019).

Su estudio comenzó tras el descubrimiento de los fagos en los años 20 del siglo pasado y consiste en utilizar virus que infectan a bacterias específicas (Huff & Huff, 2014). Los bacteriófagos, así como también proteínas derivadas de los mismos, sirven para la destrucción y control de las bacterias y microorganismos patógenos que afectan la

producción alimentaria (Gutierrez, et al., 2020).

Las enfermedades transmitidas por alimentos a causa de agentes bacterianos generan importantes problemas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial y provocan significativos impedimentos de desarrollo socioeconómico en los países donde tienen más incidencia (Tataryn et al., 2015; OMS, 2015). Dentro de los microorganismos patógenos que con frecuencia se encuentran presentes en alimentos, las bacterias provocan un mayor impacto negativo en comparación con otros agentes biológicos, son las que mayor daño causan en pérdidas económicas, de salud y muerte (Fung, Wang & Menon, 2018) (Jorquera, Galarcer, & Borier, 2015).

Además de los problemas sanitarios, los microorganismos causan graves pérdidas en el sector alimentario debido a su capacidad de deteriorarlos. A pesar de que les son aplicados métodos de desinfección, descontaminación, control de calidad e higiene, cerca del 25 % de la producción total de alimentos se pierde cada año a causa de daños microbiológicos (Endersen et al., 2014). Sin dejar de lado toda la inversión económica que es destinada a prevenir y eliminar la contaminación en la industria alimentaria. Por todo ello, es altamente deseable encontrar alternativas que puedan mejorar el cuidado y preservación de los alimentos desde su etapa de producción (Kahn, L.H. et al., 2019).

Otra problemática importante es la resistencia a los antimicrobianos. Su uso masivo en la producción primaria de alimentos (ganadería, acuicultura, aves de corral y sector agrícola) para el desarrollo y cuidado de la salud de animales y cultivos, conlleva que se encuentren presentes en agua y alimento una situación ocasionado un incremento de muertes y problemas de salud provocados por este fenómeno a nivel mundial (Hernández-Barrera et al., 2018; Sharma 2011; Wienhold et al., 2019 ; Meek, et al., 2015)(Figura 1).

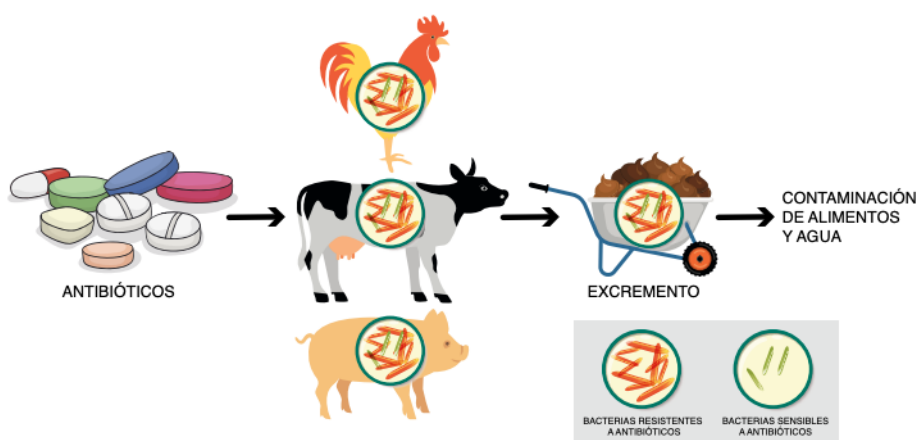


Figura 1. Bacterias resistentes en animales granjas y aves de corral pasan a interactuar con agua y alimentos. Ilustración recuperada de (Meek et al., 2015).

La resistencia a los antimicrobianos es una condición, no una enfermedad, y se puede reducir al optar por utilizar otros métodos para tratar las bacterias que afectan a los animales y cultivos. Por todos los motivos expuestos, se tienen muchas esperanzas en el uso de los bacteriófagos líticos para atacar las bacterias patógenas que con frecuencia son transmitidas por los alimentos (Moye et al., 2018).

1.1 Problemas de los Métodos Antimicrobianos Utilizados en la Producción de Alimentos

La pérdida de las características organolépticas y nutricionales de los alimentos es un problema importante en el manejo y la producción de alimentos, que resulta de la búsqueda de tratar de eliminar agentes dañinos por medio a la pasteurización, las altas presiones y temperaturas, la irradiación, y el uso de compuestos químicos antimicrobianos como son los antibióticos y desinfectantes (Moreira Hungaro et al., 2013; Moye, et al., 2018). Estos últimos suelen ser peligrosos para las personas cuando quedan restos químicos en los alimentos. Largos tiempos de exposición a estos compuestos pueden afectar el sistema inmune de los individuos, su desarrollo normal o causar incluso cáncer (Fung et al., 2018).

A pesar de la aplicación de estos métodos, se dan con frecuencia brotes de infecciones alimentarias que causan pérdidas económicas y de salud muy elevadas (OMS, 2015). Motivo suficiente para la aplicación de nuevas estrategias que aseguren aún más la calidad de los alimentos como la salud del consumidor. Estos nuevos métodos podrían usarse solos o en conjunción con algunas de las técnicas mencionadas para aumentar la eficacia de desinfección (Ahmadi et al., 2016; Lopes, Pereira & Almeida, 2018).

La presencia de microorganismos indeseables está directamente relacionada con el tipo y el origen del alimento. El amplio espectro de los fagos para ser aplicados como método de biocontrol en distintas etapas de producción y distintos tipos de alimento, los hacen ser aún mejor visto como una alternativa viable frente a los métodos tradicionales. Moye et al., (2018) apoyan que el creciente uso y la aceptación de los bacteriófagos como métodos de biocontrol se debe a que constituyen un método efectivo, seguro y natural para eliminar o reducir los niveles de bacterias patógenas específicas en los distintos alimentos.

2 | LOS FAGOS COMO HERRAMIENTA DE BIOCONTROL

Los fagos son virus que se multiplican en el interior de las bacterias, son parásitos intracelulares obligados que hacen uso de algunas o todas sus maquinarias biosintéticas para replicarse, son entidades genéticas acelulares que requieren una célula hospedadora para poder replicarse (Madigan et al., 2018). Sus genomas, que pueden ser de ADN o de ARN, contienen la información necesaria para producir nuevas partículas víricas. La forma extracelular de los virus, denominada virión, está compuesta al menos por el material genético del virus rodeado de una estructura proteica denominada cápsida, cuya función es tanto proteger dicho material genético, como facilitar la entrada de éste en la

siguiente célula hospedadora. En otros casos, sobre todo en virus de animales, además de la nucleocápsida (conjunto de material genético y cápsida proteica), existe una envoltura externa formada por restos de la membrana plasmática de la célula hospedadora anterior (Figura 2).

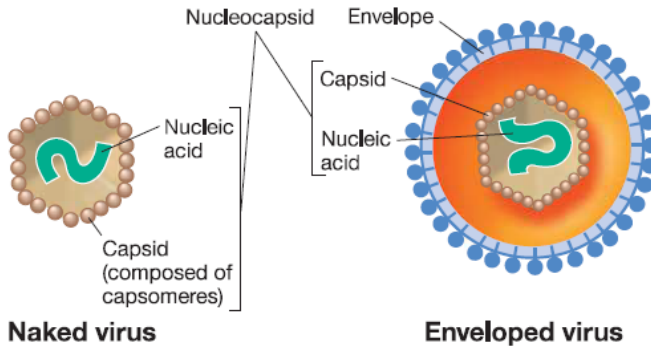


Figura 2. Estructura básica de los virus: virus desnudos (*naked virus*), compuestos por nucleocápsida, y virus con envoltura (*enveloped virus*). Figura tomada de Madigan et al. (2015).

En la superficie del virus existen proteínas que median un reconocimiento específico con componentes de la membrana de la célula hospedadora. Este reconocimiento molecular es necesario para que los viriones se adhieran a la superficie de dicha célula hospedadora y al menos el material genético del virus entre en la misma para iniciar su ciclo de replicación. Dicho reconocimiento molecular es una de las causas que hacen que la interacción virus-hospedador sea muy específica, por lo que los virus pueden clasificarse atendiendo al hospedador que parasitan.

Un tipo de fago puede infectar solo un limitado tipo de bacterias, mientras otros tiene un rango de actividad algo más amplio (Brown Jaque, 2018; Wernicki et al., 2017). Su especificidad y rango está relacionada con la presencia de receptores bacterianos que interactúan con el sistema de reconocimiento de partículas víricas (Brown Jaque, 2018).

Autores como M. Brown Jaques (2018), destacan que “Su alto nivel de especificidad, la capacidad de supervivencia a largo plazo y la capacidad de replicarse rápidamente en huéspedes apropiados contribuyen a mantener un equilibrio dinámico entre la gran variedad de especies bacterianas en cualquier ecosistema natural”.

Esto amplía el rango de actividad biocontroladora del fago ya que puede controlar distintos agentes de una misma familia, a pesar de que la eficacia del tratamiento con bacteriófagos puede depender de las propiedades individuales antibacterianas de cada uno y de los mecanismos adaptativos de la bacteria (Wernicki et al., 2017).

La fagoterapia o el uso de ciertas proteínas derivadas de ellos (como endo- y

exolisinas) para destruir bacterias patógenas especificidad da seguridad a su uso, ya que excluye la posibilidad de causar daño a los humanos. No hay problemas de seguridad alimentarias asociadas con la ingestión oral de fagos a través de los alimentos (O’Sullivan et al., 2019; Carvalho et al., 2017; Wernicki et al., 2017).

Son numerosos los estudios *in vivo e in vitro* que demuestran la eficacia de la terapia de fagos para combatir las bacterias que mayormente afectan la producción de alimentos en su diferentes renglones, agricultura, aves de corral, ganadería y la acuicultura (**Figura 3**) (Gonçalves, et al., 2018; Gutierrez, et al., 2020).

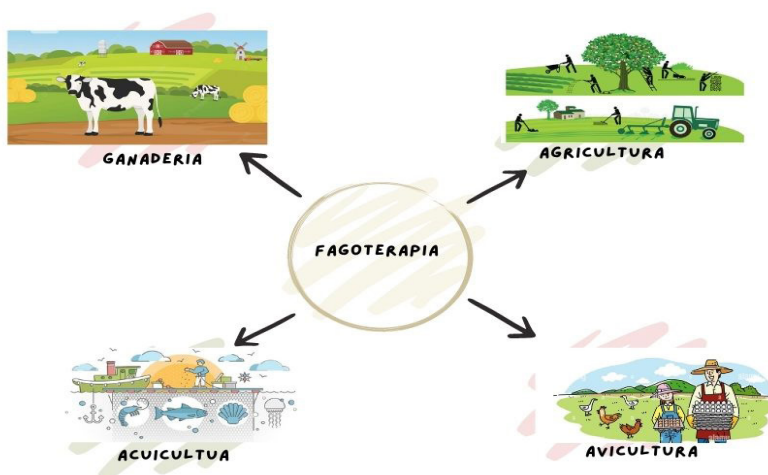


Figura 4. Diferentes sectores de la producción primaria en los cuales se ha demostrado la eficacia del uso de los bacteriofagos. Imagen de elaboración propia.

2.1 Uso de Fagos en Agricultura

Los cocteles de fagos pueden adaptarse para atacar a las bacterias específicas que afectan los alimentos y poseen muchas ventajas sobre otros métodos gracias a su alto nivel de selectividad, la capacidad de supervivencia a largo plazo y la habilidad de replicarse rápidamente en hospedadores concretos, por lo que contribuyen a mantener un equilibrio dinámico entre la gran variedad de especies bacterianas en cualquier ecosistema natural (Brown Jaque, 2018).

Utilizar virus que de manera natural se encuentran presentes en los alimentos para eliminar o reducir las bacterias patógenas que invaden los frutos y vegetales durante y después de la cosecha le da a este método de biocontrol el distintivo de ser viable y

seguro gracias a que no provoca efectos perjudiciales para el consumidor (Pérez et al., 2016).

Los fago también tienen amplio potencial para ayudar al desarrollo de las plantas, eliminando las bacterias que puedan interferir en el crecimiento de estas, demostrando su potencial como mecanismo alternativo en las terapias agrícolas, con el fin de inactivar las bacterias patógenas presentes en el sistema suelo-planta (Figura 6) (Ye et al., 2019).

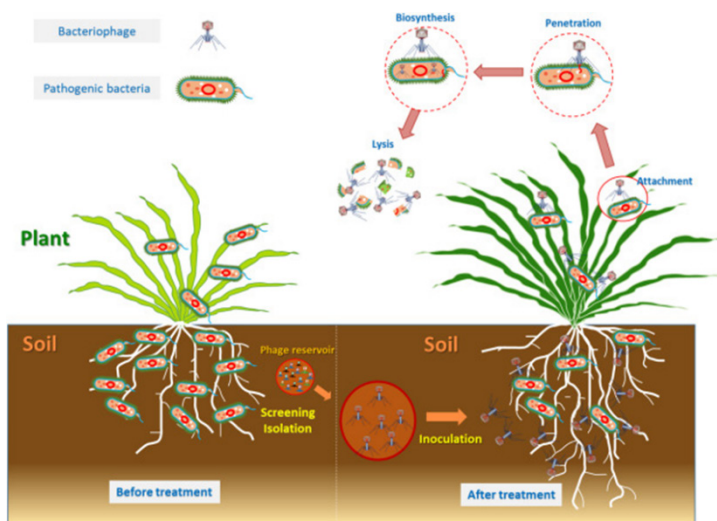


Figura 5. Disminución de bacterias patógenas que disminuyen su desarrollo en el sistema planta-suelo (Ye et al., 2019).

Estos fagos pueden sobrevivir en el ambiente de las plantas tras su aplicación, aunque pueden presentar limitaciones a la hora de infectar ciertas bacterias a diferentes temperaturas, probablemente debido a que los receptores bacterianos necesarios para la infección no se expresan a varias temperaturas. (Svircev, A., Roach, D., & Castle, A., 2018).

2.2 Uso de Fagos en Ganadería, Aves de Corral.

Muchos de los microorganismos que contaminan y deterioran los alimentos se encuentran en el tracto intestinal de los animales y a partir de ahí, si no son eliminados, pasan a la cadena de proceso permaneciendo la mayoría de veces en los derivados cárnicos y otras veces causando la llamada contaminación cruzada (Rawat, 2015). El beneficio potencial del uso de los bacteriófagos ha sido evaluado en diversos tipos de estudios con distintos modelos y especies de animales de granja y a través de diferentes medios de aplicación; aplicación ectópica, oral y rectal (Endersen et al., 2014; Wernicki et al., 2017).

Los bacteriófagos también se visualizan como un método adecuado para prevenir y reducir la contaminación en los productos que provienen de aves de corral. Las aves de corral son el mayor reservorio para algunos de los patógenos que con más frecuencia se

transmiten a través de los alimentos (Wernicki et al., 2017). Algunas se destacan por ser las de mayor incidencia en alimentos derivados de aves como son *Salmonella* y *Campylobacter* (Endersen et al., 2014; Wernicki et al., 2017). El uso de antibióticos en el tratamiento de estas bacterias convierte a este sector en un área que arrastra muchos problemas económicos y de salud pública, ya que se atribuyen más muertes como consecuencia de la contaminación de los productos derivados de las aves de corral que a cualquier otro producto (Carvalho et al., 2017). De hecho, existen alrededor de 80 tipos de bacterias causantes de enfermedades por el consumo de productos que provienen de las aves de corral (Carvalho et al., 2017).

Por ejemplo, determinados bacteriófagos son capaz de reducir la infección por *S. entérica* en la piel de pollo, incluso en temperaturas de refrigeración y en tiempos cortos, solos o combinados con agentes químicos (Moreira Hungaro et al., 2013). Otros estudios muestran como la fagoterapia es efectiva para la prevención del desarrollo de colibacilosis que se desarrolla en el trato respiratorio las aves, responsable de causar sepsis y provocar un considerable número de muertes en las aves de corral que se refleja a pérdidas económicas, de igual forma mediante fagos puede prevenirse la proliferación bacteriana de *Campylobacter* spp., *Clostridium* y *Listeria* (Wernicki et al., 2017).

Ahmadi y colaboradores (2016) han comprobado en un estudio reciente que la administración profiláctica de bacteriófagos es más eficaz que la administración postinfección para reducir la presencia de serovariedades de *Salmonella enterica* en las codornices, incluso en condiciones extremas de pH.

2.3 Uso de Fagos en Acuicultura.

La acuicultura es el sector de en la industria alimentaria que reporta el mayor crecimiento económico y es fuente importante de ingresos para los países en vía de desarrollo (Saucedo-Uriarte, Honorio-Javes, Vallenas-Sanchez, & Acuña-Leiva, 2020). La producción y comercialización de este sector se ve actualmente afectados por la incidencia de enfermedades bacterianas, microorganismos que muestran resistencia a los metodos que ha sido implementado por decadas, (Saucedo-Uriarte, et al., 2020; Mispeces, 2022). El uso excesivo e inadecuado de antibióticos en la acuicultura ha provocado la aparición de genes resistente que pasan al consumo humano.

Fagos líticos que se encuentran en el tracto intestinal de los peces y se puede aislar de los ríos, mares y lagos, han sido estudiando y su desempeño ha sido comprobado para ser suministrado por los alimentos o en el medio líquido, demostrando, este último método demostro ser más eficiente ya que, además, controla las bacterias del ambiente externo (Saucedo-Uriarte, et al., 2020).

Los fagos empleados de manera individual o en cocteles tiene alta eficiencia para ser utilizados en la eliminación de bacterias como *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Vibrios* (Saucedo-Uriarte, et. al., 2020) (Mispeces, 2022).

3 I CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Numerosos estudios avalan las ventajas del uso de fagos como una alternativa eficaz, segura y sostenible para la eliminación de bacterias perjudiciales, ya sean patógenas o causantes de deterioro en los alimentos. Su especificidad frente a bacterias concretas que afectan los diferentes reglones de la producción alimentaria es una gran ventaja frente a tratamientos menos específicos como el uso de antimicrobianos o de compuestos químicos que pueden afectar a otras bacterias no perjudiciales y a los seres humanos. Aunque ya existen numerosos preparados comerciales de fagos para ser usados en la industria alimentaria, hay aspectos que deben ser mejorados. Uno de ellos es favorecer la actividad de los fagos mejorando su actividad en condiciones ambientales variables, por medio a mejoras biotecnológicas para lo cual el uso de encapsulación de los fagos puede resultar una alternativa prometedora.

Otro aspecto a tener en cuenta es ayudar a la ciudadanía a comprender que el uso de virus en biocontrol de bacterias es una metodología enormemente segura para el ser humano. Los fagos no suponen ningún riesgo para la salud de seres vivos, plantas y animales o humano que no sean sus hospedadores. Sin duda, en los próximos años el uso de la fagoterapia será mucho más extensivo en el campo de la industria alimentaria, como en el caso de la sanidad. Es curioso que una metodología que comenzó en la primera mitad del siglo XX y cuyo uso se abandonó como consecuencia de disponer de otras armas más fáciles de utilizar como los antibióticos, se revele ahora como una alternativa mucho más segura, respetuosa con el medio ambiente y tanto o más eficaz que el uso de compuestos químicos antimicrobianos u otras metodologías antimicrobianas comúnmente empleadas en la industria alimentaria.

Está claro que el uso y tratamiento con fagos es una alternativa viable para contrarrestar el nivel de aparición de resistencia a los antimicrobianos. Aunque ya existen numerosos estudios que se han hecho con resultados positivos de la alta efectividad de estos agentes, no existen reglamentos concretos para su uso generalizado y que respalden su utilidad. Por todo ello, es un desafío la implementación de fagos de manera regulada para promover su uso estandarizado y global.

REFERENCIAS

Ahmadi, M., Karimi Torshizi, M. A., Rahimi, S., & Dennehy, J. J. (2016). Prophylactic Bacteriophage Administration More Effective than Post-infection Administration in Reducing Salmonella enterica serovar Enteritidis Shedding in Quail. *Frontiers in Microbiology*, 7(1253), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01253>

Brown Jaque, M. A. (2018). *Bacterias en el cuerpo humano*. Universidad de Barcelona.

- Carvalho, C., Costa, A. R., Silva, F., & Oliveira, A. (2017). Bacteriophages and their derivatives for the treatment and control of food-producing animal infections. *Critical Reviews in Microbiology*, 43(5), 583–601. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2016.1271309>
- Cortés-Higareda, M., Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R. I., Landa-Salgado, P., & Hernández-López, M. (2021). Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género salmonella. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(1).
- Endersen, L., O'Mahony, J., Hill, C., Ross, R. P., Mcauliffe, O., & Coffey, A. (2014). Phage Therapy in the Food Industry. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 327–349. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092415>
- Fung, F., Wang, H.-S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41(2), 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
- Gonçalves, A., Levesque, S., & Moineau, S. (2018). Phages as friends and enemies in food processing. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.09.004>
- González, M. del V. (2019). Master en Seguridad Alimentaria. Retrieved May 10, 2019, from <https://www2.uned.es/master-seguridad-alimentaria/programa-del-curso.html>
- Gutierrez, D., Fernandez, L., Rodriguez, A., & Garcia, P. (2020). Bacteriofagos y endolisinas en la industria alimentaria. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 544.
- Hernández-Barrera, J. C., Angarita-Merchán, M., & Prada-Quiroga, C. F. (2018). Impacto del uso de antimicrobianos en medicina veterinaria. *Ciencia y Agricultura*, 14(2), 27–38. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n2.2017.7146>
- Huff, W. E., & Huff, G. R. (2014). Bacteriophage Therapy in Animal Production. In A. Borysowski, J and Miedzybrodzki, R and Gorski (Ed.), *Phague Therapy: Current Research and Aplications* (pp. 201–214).
- Jorquera, D., Galarcer, N., & Borier, C. (2015). El desafío de controlar las enfermedades transmitidas por alimentos; bacteriofagos como nueva herramienta tecnologicas. *Revista Chilena Infectol*, 32(6), 678-688.
- Kahn, L. H., Bergeron, G., Bourassa, M. W., De Vegt, B., Gill, J., Gomes, F., ... Topp, E. (2019). From farm management to bacteriophage therapy: strategies to reduce antibiotic use in animal agriculture. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1441(1), 31–39. <https://doi.org/10.1111/nyas.14034>
- Lopes, A., Pereira, C., & Almeida, A. (2018). Sequential Combined Effect of Phages and Antibiotics on the Inactivation of Escherichia coli. *Microorganisms*, 6(4), 125. <https://doi.org/10.3390/microorganisms6040125>
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., Stahl, D. A., & Brock. (2018). *Biology of microorganisms*. (Pearson, Ed.) (15th ed.).
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., Stahl, D. A., & Brock. (2015). *BIOLOGY OF MICROORGANISMS*. (Pearson, Ed.) (14th editi).
- Meek, R. W., Vyas, H., & Piddock, L. J. V. (2015). Nonmedical Uses of Antibiotics: Time to Restrict Their Use? *PLOS Biology*, 13, e1002266. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002266>

Moreira Hungaro, H., Santos Mendonça, R. C., Gouvêa, D. M., Dantas Vanetti, M. C., & de Oliveira Pinto, C. L. (2013). Use of bacteriophages to reduce Salmonella in chicken skin in comparison with chemical agents. *Food Research International*, *52*(1), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.032>

Moye, Z. D., Woolston, J., & Sulakvelidze, A. (2018). Bacteriophage applications for food production and processing. *Viruses*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/v10040205>

O'Sullivan, L., Bolton, D., McAuliffe, O., & Coffey, A. (2019). Bacteriophages in Food Applications: From Foe to Friend. *Annual Review of Food Science and Technology*, *10*(1), 1–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121747>

OMS. (2015). Who estimates of the global burden of foodborne diseases. Retrieved March 16, 2018, from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165_eng.pdf;jsessionid=589ED658997A1481EAB2D19C7F422FD2?sequence=1

Pérez Pulido, R., Grande Burgos, M. J., Gálvez, A., & Lucas López, R. (2016). Application of bacteriophages in post-harvest control of human pathogenic and food spoiling bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology*, *36*(5), 851–861. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1049935>

Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. Retrieved May 13, 2019, from www.pelagiaresearchlibrary.com

Sharma, A. (2011). Antimicrobial resistance: No action today, no cure tomorrow. *Indian Journal of Medical Microbiology*, *29*(2), 91. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.81774>

Saucedo-Urriarte, J. A., Honorio-Javes, C. E., Vallenás-Sánchez, Y. A., & Acuña-Leiva, A. (2020). Bacteriogafo: Aliados para combatir enfermedades bacterianas en acuicultura. Un primer punto de partida en la sociedad ecológica. (S. A. Society, Ed.) *Journal of the Selva Andina Animal Science*, *7*(2), 107-121.

Svircev, A., Roach, D., & Castle, A. (2018). Framing the future with bacteriophages in agriculture. *Viruses*, *10*(5), 1–13. <https://doi.org/10.3390/v10050218>

Tataryn, J., Pollari, F., Nesbitt, A., Marshall, B., Murray, R., Pintar, K., ... Fazil, A. (2015). Estimates of Foodborne Illness–Related Hospitalizations and Deaths in Canada for 30 Specified Pathogens and Unspecified Agents. *Foodborne Pathogens and Disease*, *12*(10), 820–827. <https://doi.org/10.1089/fpd.2015.1966>

Wernicki, A., Nowaczek, A., & Urban-Chmiel, R. (2017). Bacteriophage therapy to combat bacterial infections in poultry. *Virology Journal*, *14*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12985-017-0849-7>

Wienhold, S.-M., Lienau, J., & Witznath, M. (2019). Phage Therapy: What Have We Learned? *Viruses*, *11*, 1–13. <https://doi.org/10.3390/v11030295>

Ye, M., Sun, M., Huang, D., Zhang, Z., Zhang, H., Zhang, S., ... Jiao, W. (2019). A review of bacteriophage therapy for pathogenic bacteria inactivation in the soil environment. *Environment International*, *129*, 488–496. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.05.062>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Actividades acuáticas 27
Actividades antrópicas 2
Actividades recreativas 14
Acuicultura 3, 6, 8, 11
Agentes biológicos 3
Águas residuárias 32, 34
Allivibrio fischeri 37
Antimicrobianos 1, 3, 4, 9, 10
Area Natural Protegida (ANP) 24
Aterro sanitário 37, 39, 41

B

Bacterias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Bacteriófagos 2, 4, 5, 7, 8
Barranca de Metztlán 12, 13, 14, 21, 22
Bioacumulação 33, 40, 42
Biocontrol 1, 2, 4, 6, 9
Bioensaios 32, 36, 38, 39
Bioindicadores 36
Biosfera 12, 13, 14, 21, 22
Bravo-Hollis 12, 13, 14, 22

C

Cabo Pulmo 23, 24, 25, 26, 28, 30, 31
Cactus 13, 22
Corpos hídricos 33, 40

D

Daphnia magna 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42
Daphnia similis 36, 37, 38, 39
Degradação ambiental 32, 40
Descontaminación 3
Desinfección 3, 4

E

Ecosistema 5, 6, 23, 24, 26, 28
Ecotoxicología 32, 34, 40, 41, 42, 43
Efluente doméstico 36, 37, 38, 39
Estação de Tratamento de Efluente (ETE) 35
Estado de Hidalgo 12, 13, 14, 21
Extinción 12, 21

F

Fagoterapia 1, 5, 8, 9
Fauna 14, 25
Fitotoxicidade 38
Flora 13, 14, 25

G

Genotóxicos 36

I

Industria alimentaria 3, 8, 9, 10

L

Lixiviado 36, 37, 39, 41, 42

M

Meio ambiente 33, 34, 36, 37, 40
Metais pesados 33, 42
Microorganismos 1, 2, 3, 4, 7, 8

N

Níveis tróficos 33

O

Organismo-teste 35, 37, 38, 39, 43

R

Recurso forestal 14
Recursos naturales 2, 12, 21, 27
Riesgos biológicos 2

S

Salud pública 1, 8

Substâncias tóxicas 33, 38

Suculentas 13

Sustentable 12, 23, 24, 25, 26, 27

T

Taxonómica 12, 14, 21

Toxicidade aguda 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

Toxicidade crônica 35, 36, 37, 41

Turismo sustentable 23, 25, 27


U


Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) 23


A black and white photograph of a hand gently touching a mound of soil. The soil is dark and textured, with some small plants growing from it. The hand is on the left side of the frame, with fingers slightly spread, touching the soil. The background is a blurred, textured surface, possibly more soil or a wall.


Meio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 


[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


A close-up photograph of a person's hand with light-colored skin and manicured nails, gently touching a vibrant green, textured moss-covered surface. The background is a soft-focus continuation of the moss.

Meio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 