



Cuerpos de agua purificados por bacteriófagos

Juan Pablo Cabral-Miramontes^{1*}
Gerardo Alfonso Anguiano Vega¹
Estela Ruiz-Baca¹
Rene Homero Lara Castro¹

¹Facultad de Ciencias Químicas (Unidad Durango). Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Veterinaria S/N Durango 34120

*Autor para correspondencia: juan.cabral@ujed.mx



El suelo y el agua son vitales para la vida, pero las acciones humanas están perturbando los ciclos naturales del agua, generando impactos negativos en los ecosistemas. Es fundamental conservar la calidad del agua para resguardar la biodiversidad. Los bacteriófagos, virus que infectan y eliminan bacterias perjudiciales para la salud humana, por lo que, actualmente, se estudia su uso como una posible solución para descontaminar cuerpos de agua y combatir infecciones bacterianas.

Introducción

El suelo y el agua son recursos naturales de gran valor donde habitan microorganismos y seres humanos. Las personas utilizan el agua para actividades esenciales como beber, procesos industriales y recreación. En cuerpos de agua como mares, ríos, lagunas y represas, los microorganismos (bacterias, hongos, algas, protozoos y virus) han prosperado de manera natural durante cientos de años (Figura 1). Sin embargo, las actividades humanas han alterado las condiciones naturales del agua, acumulando contaminantes como basura doméstica, aceites de cocina y desechos de retretes. Estas aguas residuales contienen una variedad de contaminantes, incluyendo organismos que pueden causar enfermedades y dañar la salud humana.

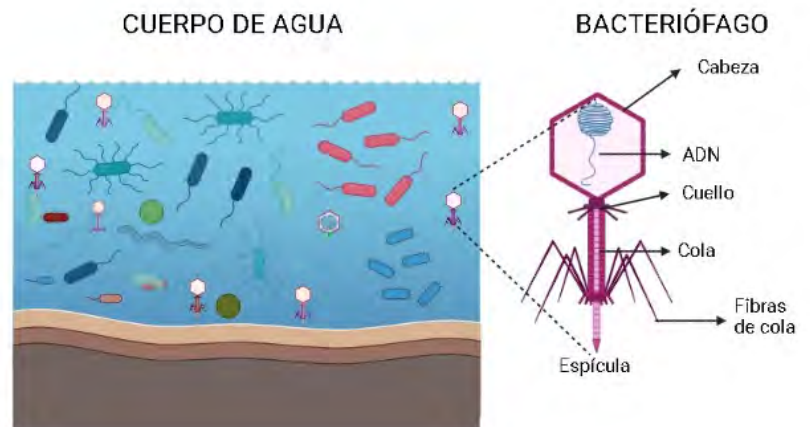
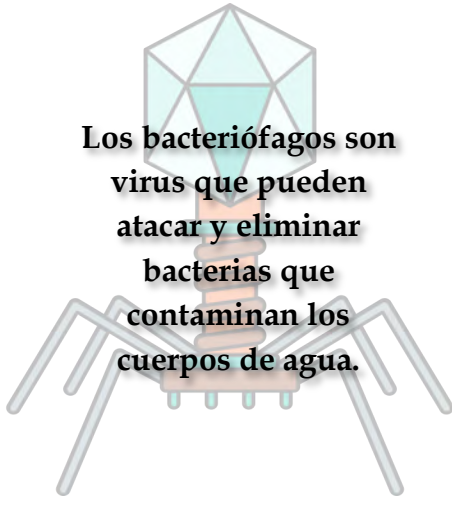


Figura 1. Microbioma característico en cuerpos de agua.



Los bacteriófagos son virus que pueden atacar y eliminar bacterias que contaminan los cuerpos de agua.



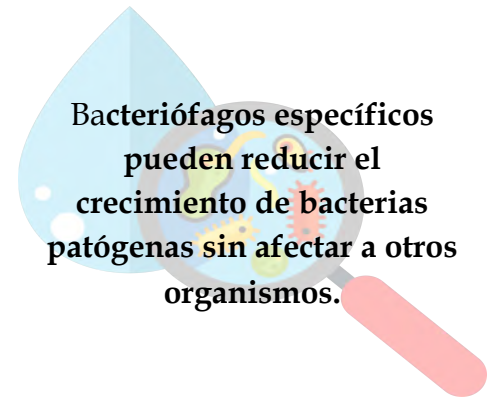
Para determinar la calidad del agua, uno de los métodos más efectivos es observar la presencia de indicadores microbiológicos. Estos indicadores se presentan cuando hay contaminación por residuos fecales de retretes y altas concentraciones de contaminantes perjudiciales para la salud humana, lo que altera la composición de los cuerpos de agua y ocasiona cambios biológicos irreversibles.

El uso de biotecnologías mejora mucho la calidad del agua y protege los ecosistemas acuáticos. En este contexto, los bacteriófagos, que son un tipo de virus, juegan un papel clave. Aunque son virus, tienen beneficios ya que infectan y se reproducen en bacterias específicas. Lo interesante de estos

organismos es que pueden atacar bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Vibrio cholerae*, conocidas por causar diarrea, vómitos e infecciones.

Los bacteriófagos son extremadamente abundantes en la biosfera, ganándose el título de "la forma de vida más abundante y común en la Tierra". Se estima que hay 10 mil millones de fagos por litro de agua de mar. Estos virus contienen material genético con muchos genes que permiten destruir o desintegrar bacterias patógenas. Esto se traduce en una gran variedad de especies de fagos, siendo un excelente mecanismo de control biológico para mantener el equilibrio de microorganismos en el agua. Esta revisión se centra en describir y evaluar de manera práctica los éxitos logrados por los bacteriófagos en la limpieza del agua.

Bacteriófagos específicos pueden reducir el crecimiento de bacterias patógenas sin afectar a otros organismos.



Desarrollo

Características principales de los bacteriófagos

El término bacteriófago proviene del francés "bactériophage", que combina las palabras griegas "bacteria" y "fagos", significando "devorador de bacterias". Estos virus contienen ácidos nucleicos, portando muchos genes que facilitan procesos líticos y lisogénicos (Figura 2). Se encuentran en diversos entornos como heces humanas y animales, suelo y agua. Su ciclo de vida les permite infectar bacterias patógenas, responsables de enfermedades infecciosas, y destruirlas en el momento oportuno.

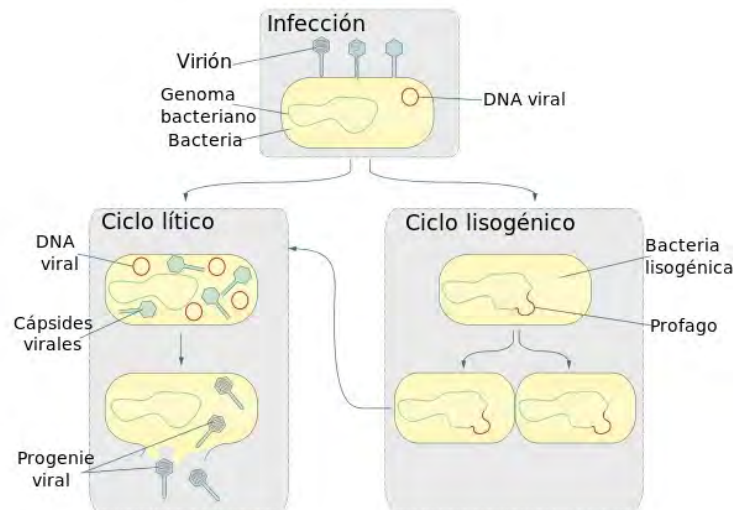


Figura 2. Ciclo lítico y lisogénico en bacteriófagos.

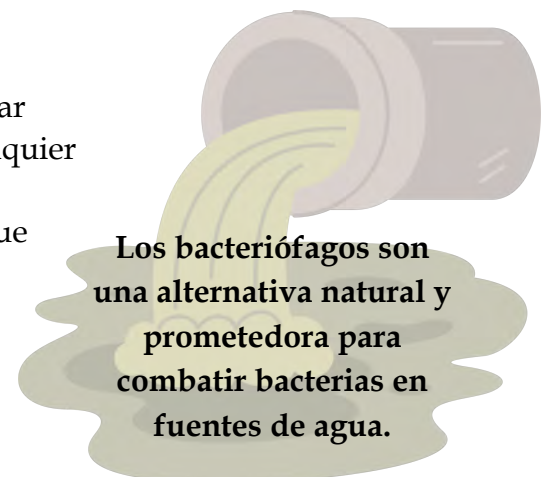
Aplicación biotecnológica de los bacteriófagos en cuerpos de agua.

La presencia de *Escherichia coli* indica contaminación microbiana por heces y puede encontrarse en el agua, sedimentos, suelo y plantas. Los fagos pueden reducir la *E. coli* O157 en un 95% a una temperatura de 22°C y un tiempo de exposición de 18 horas. Este enfoque sugiere su utilidad en el control de esta bacteria.

En Kolkata, India, la bacteria *Bacteroides fragilis* fue encontrada en el agua municipal. Se tomaron 110 muestras, encontrando bacteriófagos en el 96% de ellas, eliminando el 95% de las bacterias patógenas. Los investigadores sugieren que los bacteriófagos son una herramienta valiosa para combatir la contaminación bacteriana y mejorar la vigilancia ambiental en áreas vulnerables.

Ventajas y desventajas de los bacteriófagos

Los bacteriófagos ofrecen importantes ventajas para tratar infecciones bacterianas (Cuadro 1). Pueden destruir cualquier bacteria específica, lo que los hace más eficaces que los antibióticos. Su mayor fortaleza es la especificidad, ya que solo atacan a los patógenos reconocidos. Esto evita la eliminación de bacterias beneficiosas, el crecimiento de patógenos secundarios y la resistencia a los antibióticos.



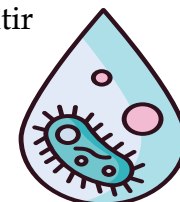


Cuadro 1. Aspectos positivos y negativos del control biológico con Bacteriófagos

Ventajas de Utilizar bacteriófagos	Desventajas de utilizar bacteriófagos
Los bacteriófagos atacan únicamente las bacterias patógenas específicas, dejando intactas las bacterias beneficiosas.	Las bacterias pueden desarrollar resistencia a los fagos.
Pueden ser más eficaces que los antibióticos, ya que no existe una bacteria que no pueda ser atacada por al menos un bacteriófago.	El cuerpo humano puede desarrollar una respuesta inmunológica contra los bacteriófagos.
Los bacteriófagos son más seguros y mejor tolerados.	La producción a gran escala de bacteriófagos y su almacenamiento pueden ser complicados y costosos.
Al ser específicos y biodegradables, los bacteriófagos tienen un menor impacto ambiental en comparación con los antibióticos.	
Pueden resultar menos costosos que los tratamientos convencionales.	

Conclusiones

Es evidente que tanto el suelo como el agua son esenciales para la vida, pero las actividades humanas están perturbando los ciclos naturales del agua, causando daños significativos a los ecosistemas. Para conservar la biodiversidad, es crucial mantener la calidad del agua. Los bacteriófagos, virus que infectan y eliminan bacterias perjudiciales para la salud humana, han surgido como una herramienta prometedora para descontaminar cuerpos de agua y combatir infecciones bacterianas. Este estudio destaca la necesidad de aplicar biotecnologías innovadoras, como el uso de bacteriófagos, para proteger y mejorar la calidad del agua, asegurando así un equilibrio saludable en los ecosistemas acuáticos.





Literatura recomendada

Baird C. Cann M. 2014 Química Ambiental. Routledge, Madrid, Spain.

Hussain, W., Ullah, M. W., Farooq, U., Aziz, A., & Wang, S. (2021). Bacteriophage-based advanced bacterial detection: Concept, mechanisms, and applications. *Biosensors and Bioelectronics*, 177, 112973.

Lugo, J. L., Lugo, E. R., & Puente, M. D. L. (2021). A systematic review of microorganisms as indicators of recreational water quality in natural and drinking water systems. *Journal of Water and Health*, 19(1), 20-28.

Niu, Y. D., Liu, H., Du, H., Meng, R., Sayed Mahmoud, E., Wang, G., ... & Stanford, K. (2021). Efficacy of individual bacteriophages does not predict efficacy of bacteriophage cocktails for control of *Escherichia coli* O157. *Frontiers in microbiology*, 12, 616712.

Talavera González, J. M., & Talavera Rojas, M. (2021). Bacteriófagos, los virus come-bacterias: historia de dos mentes científicas. *Revista digital universitaria*, 22(5).



Semblanzas de autores

Dr. Juan Pablo Cabral Miramontes Investigador del SNI desde 2023, se especializa en el comportamiento de microorganismos. Ganador del Premio de investigación UANL 2023, es miembro de la red mexicana de extremófilos. Tiene dos artículos científicos, un capítulo de libro y experiencia en microbiología, genómica y proteómica.

Dr. Gerardo Alfonso Anguiano Vega. Biólogo por la UNAM, con posgrado en CIBNOR. Profesor en la UJED por 10 años, ha dirigido 27 tesis y es investigador nivel 1 del SNI. Autor de 18 artículos científicos, ha presentado en congresos nacionales e internacionales, enfocándose en biomarcadores y procesos patogénicos.

Dra. Estela Ruiz Basa. Su línea de investigación está enfocada en la caracterización de proteínas y metabolitos con aplicaciones diagnósticas, terapéuticas y biotecnológicas. Cuenta con 50 artículos en revistas indizadas y es miembro del SNII nivel 2. Ha formado recursos a nivel licenciatura y posgrado.

Dr. René Lara Castro. Es un investigador destacado en biotecnología ambiental y análisis de sitios contaminados. Tiene 60 artículos en revistas de alto impacto y es miembro del SNI nivel 2. Ha graduado a 25 alumnos de licenciatura, 10 de maestría y 3 de doctorado.

