

BACTERIAS DEPREDADORAS

por JUAN JOSÉ BORREGO

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.

JJBORREGO@UMA.ES

Las interacciones establecidas entre las bacterias son muy amplias y diversas, algunas son positivas como el mutualismo, el sintrofismo, o la protocoooperación, otras son neutras como el comensalismo, y otras negativas, incluyendo el antagonismo, la competencia, el parasitismo y la depredación. En este artículo se repasa las diferentes estrategias que utilizan ciertas bacterias (depredadoras) para cazar y depredar a otras bacterias (presas), las principales características necesarias para la depredación, los mecanismos de defensa de las presas, y las aplicaciones biotecnológicas de esta interacción microbiana.

The interactions established between bacteria are very broad and diverse, some of them are positive such as mutualism, syntrophism, or protocoooperation, others are neutral interactions such as commensalism, and others are negative relationships, including antagonism, competition, parasitism and predation. This article reviews the different strategies that certain bacteria (predators) use to hunt and kill other bacteria (prey), the main characteristics necessary for predation, the defense mechanisms of prey, and the biotechnological applications of this microbial interaction.

Palabras clave: interacciones bacterianas, depredación, biocontrol

Keywords: bacterial interactions, predation, biocontrol.

En el tema de las cápsulas bacterianas explico a mis alumnos de los Grados de Biología y Bioquímica que estas estructuras ergásticas tienen entre otras funciones la de proteger a las bacterias que las sintetizan de los procesos de depredación. Generalmente esta misión de la cápsula llama mucho la atención y suscita curiosidad entre los alumnos, y casi siempre algunos preguntan ¿pero cómo se produce esta depredación de bacterias? ¿cuáles son los depredadores bacterianos? Estas cuestiones me permiten presentar a otros grupos microbianos que establecen interacciones antagonistas con bacterias hospedadoras y/o presas. De ahí pasamos a discusiones y diálogos sobre si estas interacciones pueden definirse como depredación (o como algunos denominan predación) o parasitismo^[1], que solemos aclarar definiendo los conceptos de depredador y parásito. El término depredador debería usarse para incluir a aquellos microorganismos que «cazan» y matan a sus presas, que son también otros microorganismos, utilizando sus macromoléculas como nutrientes; mientras que el término parásito se debería reservar para incluir a aquellos microorganismos que forman asociaciones cerradas y estrechas con sus hospedadores, sin necesidad de matarlos.

Resulta meridianamente claro que los protozoos son depredadores bacterianos, mientras que los bacteriófagos son parásitos de bacterias, pero ¿qué papel juegan las bacterias implicadas en las interacciones

antagónicas con otras bacterias? Se sabe que muchas bacterias sintetizan y secretan antibióticos y bacteriocinas, que restringen el crecimiento de bacterias competidoras en el mismo hábitat, pero otras bacterias pueden «atacar» y «alimentarse» de sus congéneres, y este último grupo de microorganismo es el que denominamos «bacterias depredadoras». Compañeros microbiólogos de la Universidad de Granada publicaron en 2016 un excelente artículo de revisión dedicado a este tema^[2], en el que se establece que la depredación entre las bacterias puede ser, igual que en el mundo zoológico, ataque en grupo o ataque individual. Las bacterias depredadoras se encuentran ampliamente distribuidas en diferentes ecosistemas, y parece ser que las interacciones de depredación son un factor muy importante para la selección bacteriana en estos ambientes, contribuyendo a la biodiversidad y al control de sus poblaciones. Además, algunos autores han señalado que la depredación bacteriana puede haber contribuido a la evolución selectiva de los microorganismos patógenos humanos en el medioambiente, al origen de la célula eucariótica, o al origen de la multicelularidad^[2,3,4,5].

¿Qué estrategias utilizan las bacterias depredadoras? Se han propuesto tres estrategias de caza bacteriana: (i) depredación epibiótica, en la que los depredadores bacterianos permanecen adheridos a la envuelta celular de la bacteria presa mientras consu-

men sus componentes e inician un ciclo de división celular (Figura 1). Los ejemplos más destacados de esta estrategia (contacto célula-célula sin invasión) son los géneros *Vampirococcus*, *Micavibrio*, *Vampirovibrio*, *Bdellovibrio*, *Lysobacter*, *Ensifer* y *Cytophaga*, por citar los más estudiados. (ii) Depredación endobiótica o invasión directa, en la que una célula depredadora individual secreta enzimas hidrolíticas que perforan y modifican la pared celular de la presa, para posteriormente penetrar a su interior (Figura 2). Los ejemplos más destacados de esta estrategia se encuen-

tran en los géneros *Daptobacter* y *Bdellovibrio*. (iii) La tercera estrategia es el ataque grupal, en la que se necesita un grupo de bacterias y el fenómeno de *quorum sensing* para producir metabolitos secundarios que degradan las células presa, y los ejemplos más relevantes son los géneros *Myxococcus*, *Streptomyces*, *Lysobacter*, *Saprospira* y *Herpetosiphon*. Estas estrategias nos son excluyentes entre sí, por ejemplo *Lysobacter* pueden tener las estrategias epibiótica y grupal, y *Bdellovibrio* las epibiótica y endobióticas^[6].

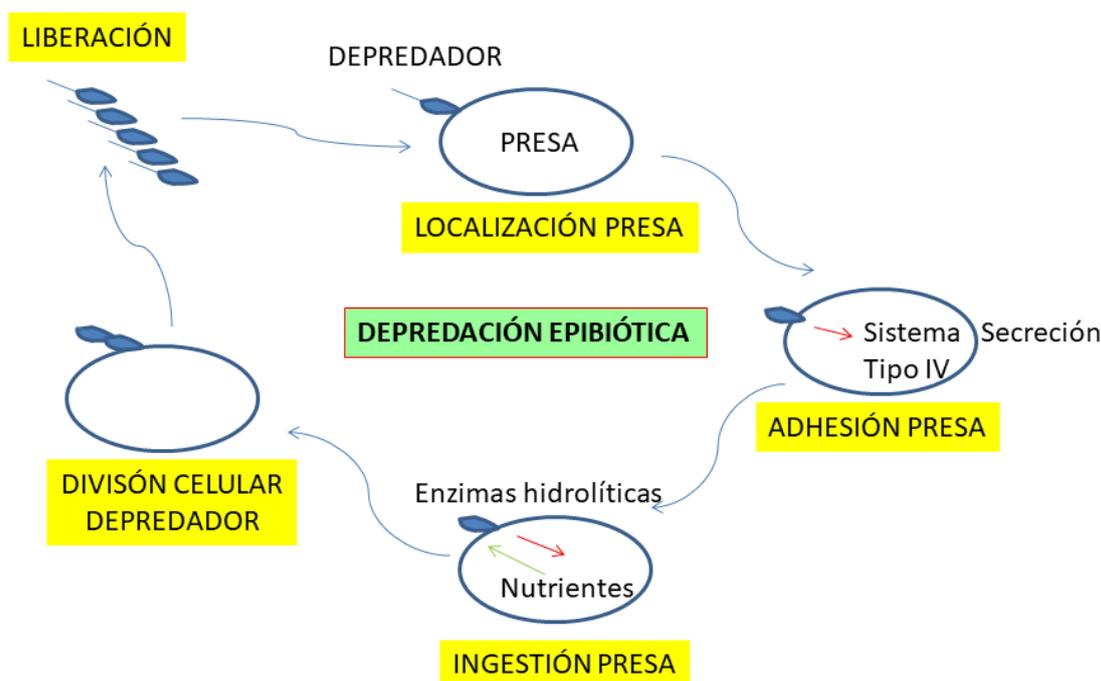


Figura 1. Ciclo de vida de un depredador epibiótico. Fuente: Autor.

¿Hay propiedades comunes en las diferentes estrategias? Se ha visto que hay una gran variedad de comportamientos bacterianos cuando actúan como depredadores, aunque se presentan algunas propiedades comunes a todos ellos, como por ejemplo, la movilidad, que es necesario como elemento motriz de un mecanismo tático para detectar y dirigirse hacia la presa. Algunos depredadores utilizan la movilidad por deslizamiento (*gliding*) en medio semisólido; otros depredadores utilizan sus flagelos y movilidad por natación (*swimming*), y los menos utilizan flagelos y la movilidad por swarming. Otra propiedad común compartida por los depredadores es la necesidad de tener activos los sistemas de secreción, siendo muy importantes los sistemas de secreción tipo IV y tipo III. Por último, los depredadores deben poseer un gran número y variedad de agresinas, como hidrolasas, proteasas, peptidasas, así como adhesinas y el sistema de transporte ABC en el caso de la estrategia epibiótica.

La bacteria presa es la otra parte de este bino-

mio. Parece ser que el ser presa no es una condición especial, y prácticamente todos los *phyla* bacterianos pueden ser objeto de depredación. Sin embargo, se ha estudiado que muchas bacterias presas son más resistentes a la depredación, ya que han desarrollado una serie de mecanismos de defensa. A continuación, cito los mecanismos de defensa que me parecen más interesantes: (i) muchas presas para evitar ser depredadas alteran sus componentes superficiales celulares, así evitan la fase de adhesión y colonización; (ii) otras sintetizan cápsulas o capas S que recubren a la pared bacteriana, y evitan la interacción con receptores de la pared; (iii) muchas bacterias incrementan la velocidad de su movimiento para escapar del ataque; (iv) otras se protegen por síntesis de sustancias poliméricas extracelulares y forman un biofilm; (v) muchas presas se defienden del depredador por la síntesis de antibióticos y bacteriocinas; (vi) síntesis de metabolitos secundarios; y (vii) síntesis de toxinas y otros factores de virulencia.

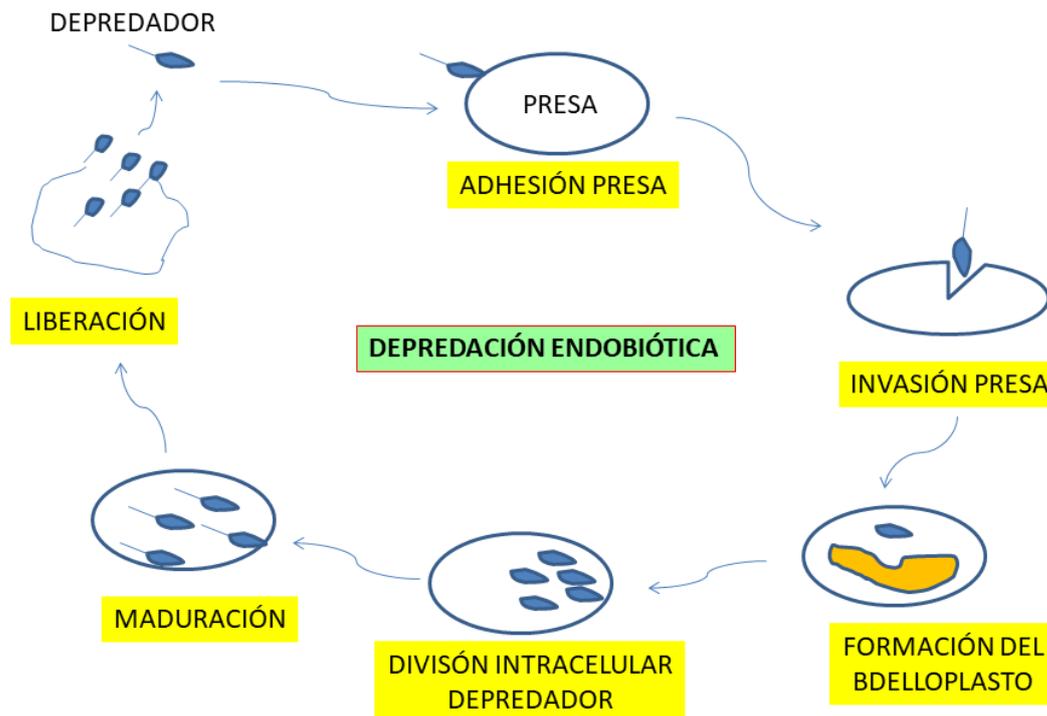


Figura 2. Depredación endobiótica de *Bdellovibrio* sp. Fuente: Autor.

Para finalizar, hay que preguntarse, ¿tiene alguna utilidad estudiar la interacción depredador-presa? Una bacteria depredadora para realizar su particular ciclo de vida requiere para matar a sus presas sintetizar una gran número de sustancias antibacterianas, metabolitos secundarios y enzimas líticos. Por esta razón, las bacterias depredadoras se han propuesto como «factorías» de nuevos compuestos de gran potencial biotecnológico. El aumento de la resistencia a antibióticos por muchas bacterias patógenas humanas ha llevado a algunos investigadores a buscar nuevas vías de tratamiento de las infecciones producidas por estos patógenos; por ello, algunos estudios han propuesto el uso de estas bacterias depredadoras como agentes terapéuticos o como agentes de biocontrol de plagas como solución a infecciones humanas, de

animales y plantas sin tener que utilizar antibióticos.

Referencias

- [1] Martin, M.O. Predatory prokaryotes: an emerging research opportunity. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 4: 467-477, 2002.
- [2] Pérez, J. et al. Bacterial predation: 75 years and counting!. *Environ. Microbiol.* 18: 788-779, 2016.
- [3] Erken, M. et al. The rise of pathogens: predation as a factor driving the evolution of human pathogens in the environment. *Microb. Ecol.* 65: 860-868, 2013.
- [4] Forterre, P. The common ancestor of archaea and eukarya was not an archaeon. *Archae* 2013: 372396, 2013.
- [5] Lyons, N.A. y R. Kolter. On the evolution of bacterial multicellularity. *Curr. Opin. Microbiol.* 24: 21-28, 2015.
- [6] Keane, R. y J. Berleman. The predatory life cycle of *Myxococcus xanthus*. *Microbiology* 162:1-11, 2016.