

¡Llévele, llévele, fisiologías bacterianas para todo tipo de ambientes!

Step right up, get your bacterial physiology for all types of environments!

Estefani Gabriela Gutiérrez Infante

gu338084@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3968-6009>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Recibido: 17 de mayo de 2022

Aceptado: 29 de julio de 2022

Publicado: 5 de enero de 2023

DOI: <https://doi.org/10.29057/h.v5i1.8771>

Gérmenes y patógenos. Imagen tomada de: freepik.com

Resumen

Existen bacterias en muchos lugares, pueden encontrarse en el baño, en la tierra de las plantas, sobre la piel e incluso dentro de nosotros, ¡en el estómago! Y es por esto que saber de ellas es esencial para la sociedad humana. Las bacterias pueden mejorar las plantas para la agricultura y optimizar la fijación de nutrientes en diferentes organismos. Por lo tanto, entender su fisiología es importante para eliminar bacterias nocivas como las que causan enfermedades en plantas y animales. Es por esta razón que en este artículo se realizó una entrevista al doctor Víctor Antonio Becerra-Rivera, quién es especialista en fisiología bacteriana y ha realizado estudios en organismos como *Bacillus subtilis* y *Sinorhizobium meliloti*. Actualmente está colaborando en un proyecto sobre *Rhodobacter sphaeroides*.

Palabras clave: Bacterias, fisiología, nutrientes, plantas, animales

Abstract

Bacteria live in many places; they can be found in the bathroom, in the soil, on our skin and even inside us, in our stomachs! And therefore, knowing about them is essential for human society. Bacteria can improve crop yields in agriculture and optimize nutrient fixation in different organisms. For these reasons, it is important that we understand their physiology to eliminate harmful bacteria such as those that cause disease in plants and animals. This article reports an interview with Dr. Víctor Antonio Becerra-Rivera, who is a specialist in bacterial physiology and has conducted studies on organisms such as *Bacillus subtilis* and *Sinorhizobium meliloti*. Currently he is collaborating on a project on *Rhodobacter sphaeroides*.

Keywords: Bacteria, physiology, nutrients, plants, animals

La complejidad de sistemas aparentemente simples

Imaginemos por un momento a la Tierra primigenia, donde solo existen bacterias y organismos unicelulares adaptados perfectamente a su ambiente. Una dimensión que, si bien puede parecer muy rudimentaria, en ella ocurren millones de procesos ecosistémicos complejos, donde las diferentes sustancias químicas del entorno son aprovechadas por organismos diminutos con sistemas aparentemente simples. Sin embargo, a pesar de ser sencillos, han encontrado la manera de aprovechar al máximo los recursos que tienen, por lo que lo más correcto es decir que son organismos altamente especializados.

Actualmente debido a la selección natural, muchos de estos organismos no han persistido, ya que sus características no fueron suficientes para hacer frente a los desafíos ambientales. Sin embargo, el legado bacteriano ha continuado de una manera tal que hoy en día podemos encontrar bacterias en cualquier ambiente aprovechando todo tipo de elementos que, para los organismos comunes, son demasiado exóticos.

Bacterioland: Una ciudad de bacterias

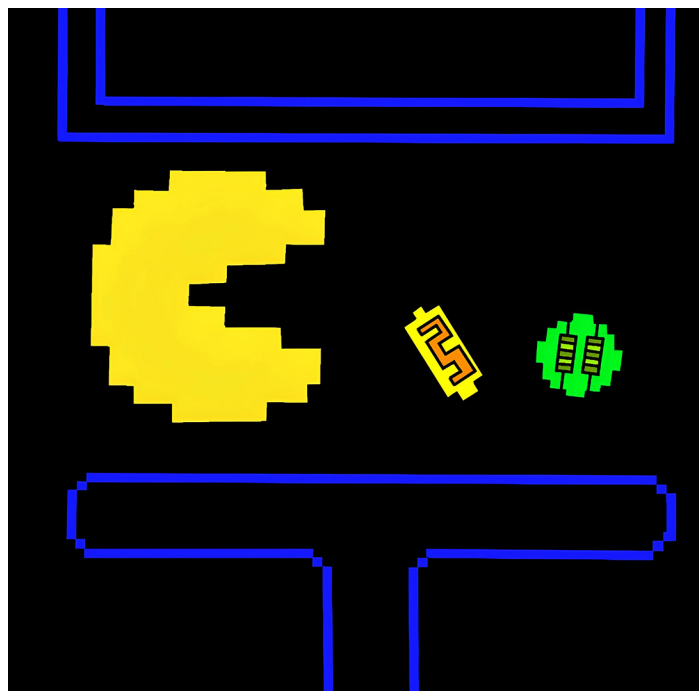
En una ciudad de bacterias nos podríamos encontrar restaurantes con bebidas de hidrocarburos para los microorganismos quimioheterótrofos, que son organismos que pueden aprovechar la materia orgánica para obtener carbono. Mientras que para las quimioautótrofas o quimiolitótrofos, los tacos de metales pesados serían ideales, puesto que son capaces de obtener energía de compuestos inorgánicos. También podrían existir balnearios extremos con aguas tan ácidas como las sustancias gástricas o demasiado alcalinas como el Mar Muerto (donde seguro encontrarás a *Bacillus* surfando por ahí).

De igual modo, podrían existir programas de bacterias aventureras que llegan a sus límites para sobrevivir en la naturaleza con dietas muy restringidas en nutrientes, que en todo caso serían las extremófilas, o ranchos de bacterias que mantienen a sus vacas grandes y fuertes, ya que estas se especializan en facilitarles nutrientes. Incluso podrían tener los mejores cultivos que existen, debido a que ellas son maestras en la fijación de nitrógeno, que es un nutriente esencial para las plantas. Como vemos sería una ciudad muy funcional y fuera de lo común.

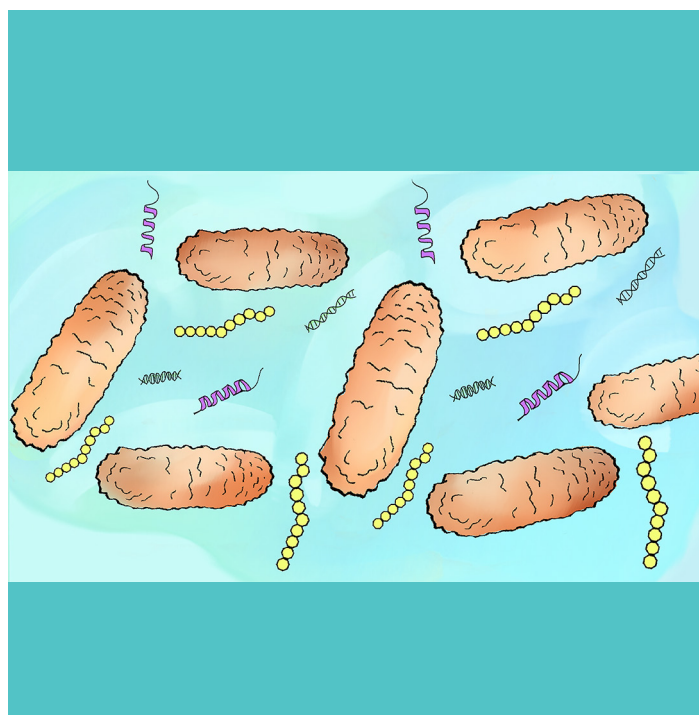
Las bacterias son capaces de saltar la barrera entre la materia inorgánica y orgánica. Es por eso mismo que comprender su fisiología nos da las herramientas para explorar estas características y conocer todo acerca de cómo sobreviven a ambientes tan diversos.

El impacto de la fisiología bacteriana en la ciencia

El doctor Víctor Antonio Becerra-Rivera, actualmente ha enfocado su interés en estudiar y enseñar sobre la ecofisiología de bacterias. Es biólogo de formación y cuenta con un doctorado en ciencias biomédicas en la UNAM, donde obtuvo mención honorífica. De igual forma, realizó investigaciones en el Centro de Ciencias Genómicas en Cuernavaca donde en colaboración con el doctor Michael F. Dunn, analizó con detenimiento a las rizobias (bacterias asociadas al suelo que además pueden



Representación de la endosimbiosis por: Estefani Gabriela Gutiérrez-Infante. La Teoría de la endosimbiosis propuesta por Lynn Margulis se puede resumir en un intento de una célula por ingerir a una bacteria como el cloroplasto y la mitocondria, sin embargo, estos en vez de ser digeridos, encontraron un ambiente ideal para persistir en simbiosis con su hospedero.



Bacterias en biofilms por Estefani Gabriela Gutiérrez-Infante. Las comunidades bacterianas tienen la capacidad de generar una matriz extracelular que se compone por polisacáridos, proteínas, enzimas, lípidos, ácidos nucleicos, sustancias húmicas e iones. Todo esto con el fin de adherirse mejor a un sustrato en específico y resistir ambientes extremos para ellas (Becerra-Rivera *et al.*, 2020).

entablar simbiosis con plantas leguminosas como el frijol y el cacahuete).

Del mismo modo, el doctor Becerra-Rivera ha investigado acerca de la respiración de *Bacillus subtilis*, que se caracteriza por ser una bacteria aeróbica con la capacidad de generar estructuras de resistencia como las endosporas. Esta posee una gran importancia comercial, ya que en ella se producen numerosas enzimas. En sus investigaciones ha demostrado que la fuente de carbono, así como ciertas características membranales, mejoran su crecimiento (Becerra-Rivera, 2012).

Al platicar con el doctor Becerra-Rivera, mencionó que su interés por las bacterias surgió desde su formación como estudiante. A pesar de que su interés consistió en mayor medida en entender protozoos, algas, animales vertebrados e invertebrados... las bacterias eran algo más misteriosas, un taxón del que no se tenía tanta información como en la actualidad.

“Yo comencé a investigar y leer principalmente porque nos hablaron de la teoría endosimbiótica, la cual dice que los organelos esenciales para los organismos eucariotas, como lo es la mitocondria (y el cloroplasto para seres fotosintéticos), fueron originados por un proceso evolutivo a partir de bacterias”, menciona el doctor.

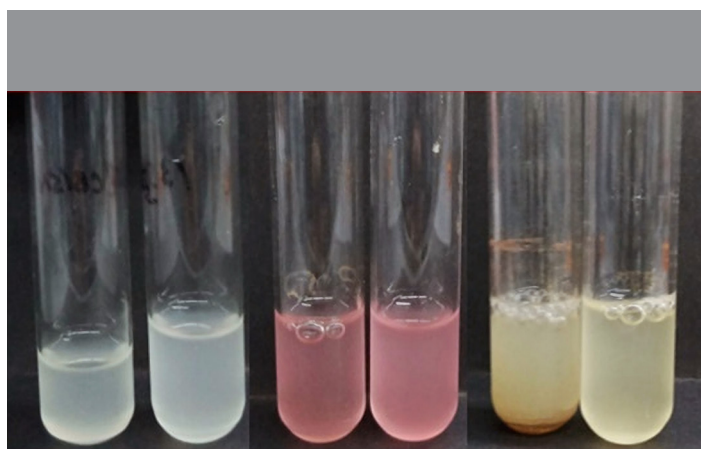
Para entrar más en detalle, existen dos teorías en las que las bacterias son las protagonistas. Una de ellas es la teoría endosimbiótica planteada por Lynn Margulis, que consiste en que la formación de células eucarióticas fue posible gracias a que una capturó a algunas bacterias en su interior y así logró tener un metabolismo más complejo. Un ejemplo de esto son las mitocondrias que, acorde con la teoría, alguna vez vivieron de manera libre fuera de la maquinaria celular eucarionte que hoy conocemos. Como vemos, esta teoría nos permite pensar en el origen de todos los organismos más complejos que existen hoy en día.

Sin duda son organismos simples, pero rudos, que tuvieron que soportar las condiciones terrestres más extremas. Los ancestros de las bacterias se formaron en condiciones donde era necesario obtener energía de lo único existente en el ambiente. “Las bacterias pueden hacer básicamente todo [...], se encuentran en el agua, en el suelo, en el aire... son ubicuas [...], su potencial es casi ilimitado”. Y es por esto que nuestra segunda teoría tiene que ver con esta característica tipo Chuck Norris que las bacterias poseen.

La teoría de Panspermia propuesta por el químico Svante Arrhenius es una hipótesis de cómo se originó la vida en la Tierra. En el momento de la formación terrestre, las bacterias perfectamente adaptadas a la vida tan hostil que hay en el espacio llegaron dentro de un asteroide a la corteza del planeta, donde se empezaron a reproducir y a desarrollar.



Dr. Víctor Antonio Becerra-Rivera.
Fotografía: Estefani Gabriela Gutiérrez Infante.

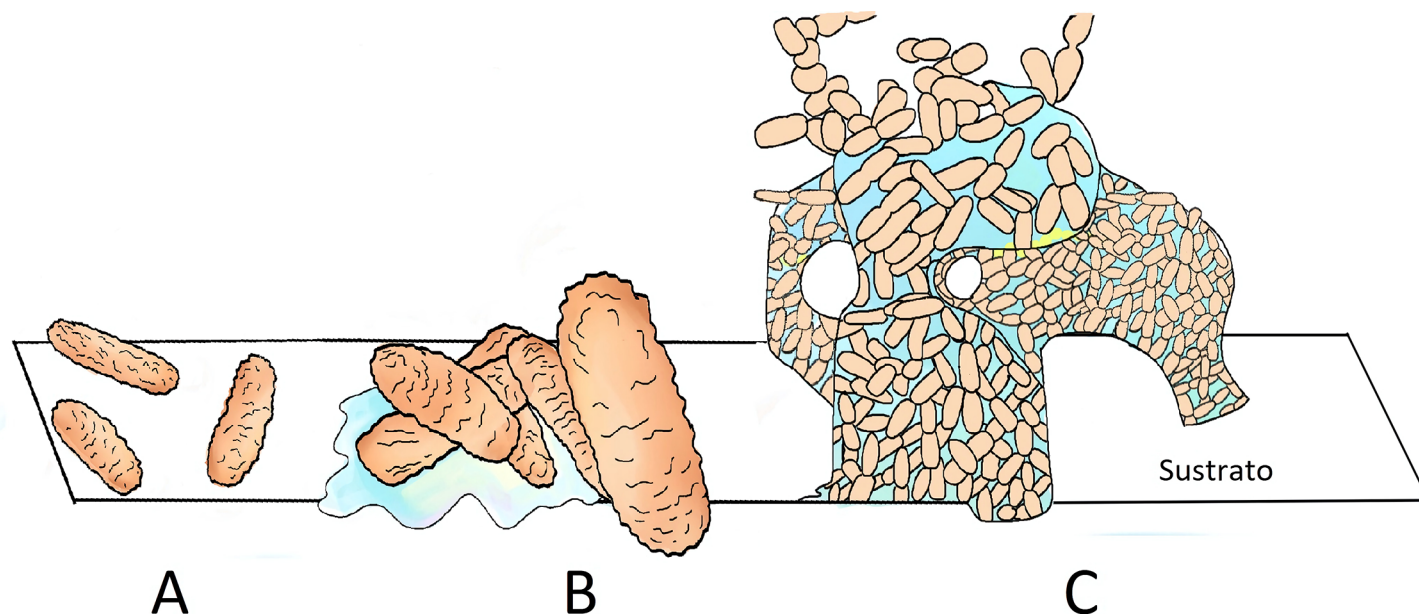


Caulobacter

Rhodobacter

E. coli

Generalmente las bacterias de *Escherichia coli* son de color cremoso y el medio donde crecen es amarillo debido a que la coloración es una combinación de ambas. Las bacterias del género *Rhodobacter* crecen en medios traslúcidos y el color rojo es propio de sus pigmentos fotosintéticos. Las bacterias del género *Caulobacter* crecen en medios llamados “py”, son amarillos y al incrementar su población, superan el color del medio mostrando su coloración que es blanca grisácea.
Cortesía del doctor Víctor Antonio Becerra-Rivera.



Esquema sobre el proceso de formación de biofilm en bacterias por Estefani Gabriela Gutiérrez Infante.

- A) **Adherencia:** En esta fase las bacterias pueden empezar a unirse a una superficie o sustrato mediante mecanismos fisicoquímicos. B) **Acumulación intracelular:** En esta etapa las comunidades bacterianas suelen agregarse entre sí y reproducirse para empezar a generar la matriz extracelular con ayuda de la generación de exopolisacáridos. C) **Rompimiento** de la matriz para una nueva colonización: Cuando la agregación bacteriana ha crecido lo suficiente, la matriz se llega a romper para liberar nuevas bacterias que serán las fundadoras de una nueva colonia.

La importancia de las aplicaciones y conocimientos básicos de la fisiología bacteriana

Las bacterias poseen diferentes características como su resistencia a condiciones adversas. Con ayuda de la biología molecular es posible comenzar a comprender los procesos biológicos a partir de sus secuencias genéticas que, en palabras del doctor Becerra-Rivera, “*son determinantes para que un organismo pueda prosperar ante una condición en particular*”. Si nosotros quisiéramos saber cómo es que sobrevive una bacteria en condiciones de estrés salino (como el Mar Muerto, por ejemplo), tendríamos que identificar el conjunto de genes que interactúan en una bacteria bajo esa situación específica, para manipularlo al grado de “*eliminarlo, reducir su expresión o incrementarla y así saber el papel fisiológico de estos elementos genéticos ante dicha condición*”.

¡El potencial de las aplicaciones de esta línea de investigación es infinito! Entender la ciencia básica del comportamiento fisiológico de bacterias en diferentes ambientes y condiciones específicas a un nivel genético nos permite indagar en su maquinaria metabólica natural y modificarla, para volverlas más sensibles a una sustancia determinada o aumentar su resistencia, incluso mejorar la capacidad que algunas bacterias tienen para relacionarse con plantas de interés comercial, como las leguminosas. Y en este último ejemplo el doctor Becerra-Rivera tiene experiencia, ya que ha trabajado analizando la producción de poliaminas de *Sinorhizobium meliloti*. *S. meliloti* podría ser una bacteria ranchera como las

que mencionamos al principio, ya que se especializa en la fijación de nitrógeno en plantas leguminosas como la alfalfa. Se le encuentra en las raíces donde se adhiere y genera nódulos, que son pequeñas bolitas que permiten que el vegetal absorba nitrógeno más fácilmente. Esto logra que haya plantas con mayor crecimiento y de mayor calidad.

El secreto de estas bacterias se encuentra en sus poliaminas, que son sustancias orgánicas con uno o más grupos amino en su estructura química y tienen un pH neutro. Estas se pueden encontrar en casi todos los organismos, son numerosas y las utilizan en distintas situaciones. En las bacterias están relacionadas con su capacidad para motilidad, patogénesis, crecimiento, entre otros (Becerra-Rivera *et al.*, 2018).

El doctor Becerra-Rivera tuvo la oportunidad de analizar el metabolismo de estas poliaminas que son generadas por una enzima que descompone al aminoácido Ornitina. Ambos elementos forman una nueva sustancia llamada Putrescina, que es esencial para la formación de nuevas poliaminas.

Para saber la importancia que tiene la Putrescina en las bacterias, el doctor Becerra-Rivera generó bacterias mutantes incapaces de producir esta sustancia y observó que sin estas poliaminas se vuelven menos resistentes a condiciones de estrés ambiental, siendo menos eficientes cuando hay alto contenido de sal o acidez, lo que disminuye su habilidad de fijar nitrógeno, generar exopolisacáridos y con ello su capacidad para generar biofilms es afectada. Estos son un punto clave para su

adherencia a las superficies y su resistencia, por lo que su asociación con la alfalfa no es tan viable y eficiente (Becerra-Rivera *et al.*, 2020).

Entender esto nos lleva a la posibilidad de generar bacterias que produzcan más poliaminas para mejorar la biotecnología agrícola como la creación de inoculantes bacterianos que mejoren el desarrollo de leguminosas de importancia económica. Incluso, podríamos emplear los conocimientos básicos del metabolismo de una bacteria patógena de cultivos de tomate para poder eliminarlas con mayor eficacia.

Sin duda, todas estas investigaciones nos pueden ayudar a enfrentar los diversos retos del futuro. Para el 2050, se estima que existirán 10 millones de muertes por año causadas por bacterias resistentes a antibióticos. Es por eso que “*Si conocemos los mecanismos moleculares que giran en torno a la resistencia a antibióticos, tendremos información de suma utilidad*”. Sin lugar a dudas, dirigir nuestra atención en comprender los procesos bacterianos como parte de la ciencia básica nos puede salvar la vida.

Actualmente el doctor Becerra-Rivera contribuye en el análisis de los mecanismos de motilidad, mediante los sistemas flagelares de *Rhodobacter sphaeroides*. Se enfoca en el estudio de algunos de los más de 200 genes existentes que pudiesen expresarse o reprimirse durante la motilidad de esta bacteria, así como en la remodelación de su peptidoglicano (revestimiento bacteriano de aminoácidos y azúcares) y membrana celular. Esto con el fin de comprender la fisiología bacteriana y contribuir a la obtención de conocimiento que nos lleve a generar más herramientas biotecnológicas que mejoren la calidad de vida, en un mundo donde no es posible vivir sin bacterias.



Referencias

- Becerra-Rivera, V. A. (2012). Efecto de la clonación y sobre expresión del citocromo c550 en los complejos respiratorios durante el crecimiento de *Bacillus subtilis*. Tesis para obtener el título de Biólogo, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.
- Becerra-Rivera, V. A., Bergström, E., Thomas-Oates, J. y Dunn, M. F. (2018). Polyamines are required for normal growth in *Sinorhizobium meliloti*. *Microbiology*, 164 (4), 600-613. Doi: 10.1099/mic.0.000615.
- Becerra-Rivera, V. A., Arteaga, A., Leija, A., Hernández, G. y Dunn, M. F. (2020). Polyamines produced by *Sinorhizobium meliloti* Rm8530 contribute to symbiotically relevant phenotypes ex planta and to nodulation efficiency on alfalfa. *Microbiology*, 166 (3), 1-10. Doi: 10.1099/mic.0.000886.