



**Anna Maria Solanas**

# La cara amable de las bacterias

**Cómo nos ayudan y qué podemos aprender  
de ellas**



# La cara amable de las bacterias

Anna Maria Solanas

# La cara amable de las bacterias

**Cómo nos ayudan y qué podemos aprender  
de ellas**



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

Edicions

Colección  
Catàlisis

*A Mariona y Eulàlia*

# Índice

<i>Prólogo</i> , por David Bueno . . . . .	11
<i>Presentación</i> . . . . .	13
Capítulo 1. Qué son los microbios y qué son las bacterias . . . . .	17
Capítulo 2. La vida apareció en forma de bacteria . . . . .	23
Capítulo 3. Quién y cuándo descubrió las bacterias . . . . .	29
Capítulo 4. Con las bacterias se refutó definitivamente la teoría de la generación espontánea de la vida . . . . .	33
Capítulo 5. Las bacterias son las dueñas de nuestro planeta . . . . .	39
Capítulo 6. ¡Qué inteligentes son las bacterias! . . . . .	43
Capítulo 7. ¿Cómo las podemos estudiar si no las vemos? . . . . .	49
Capítulo 8. Deberíamos hablar bacteriano . . . . .	57
Capítulo 9. Si no fuera por las bacterias, nuestro planeta colapsaría . . . . .	63
Capítulo 10. La contaminación invisible . . . . .	71
Capítulo 11. Estamos rodeados de hidrocarburos . . . . .	75
Capítulo 12. El <i>percebeiro</i> tenía razón: el caso del <i>Prestige</i> . . . . .	79
Capítulo 13. Ejércitos de bacterias nos ayudan a depurar las aguas residuales, a descontaminar los suelos y a eliminar los malos olores . . . . .	87
Capítulo 14. Buenas noticias: ya han aparecido bacterias degradadoras de plásticos . . . . .	97
Capítulo 15. La guerra contra la contaminación química: si no fuera por las bacterias... . . . . .	103
Capítulo 16. Aprovechándonos de la gran inventiva metabólica de los microbios . . . . .	107

Capítulo 17. Las bacterias nos han dado las herramientas de la ingeniería genética y la biotecnología . . . . .	115
Capítulo 18. Las bacterias nos hablan de cooperación y generosidad . . . . .	123
<i>Agradecimientos</i> . . . . .	131

## Prólogo

Se dice que las palabras no son inocentes. O quizá es que las personas no las interpretamos de manera inocente y las dotamos de connotaciones positivas o negativas, según el caso. Sin duda, la palabra «bacteria» genera sensaciones desagradables e incluso aversión en muchas personas, pues acostumbran a relacionar a estos diminutos organismos con enfermedades muy diversas. Esta es una de las primeras cosas que nos dice Anna Maria Solanas en este libro que tenéis en las manos. Hay personas que temen a las bacterias, o que las odian, y muchas otras, quizá la mayor parte, que no se sienten vinculadas emocionalmente con ellas de ninguna manera. Entonces, ¿es posible amar a las bacterias? Os puedo asegurar que sí, y por partida doble, además.

En primer lugar, porque la inmensa mayoría de las bacterias no solo no son perjudiciales para nosotros, sino que son del todo imprescindibles para la vida en la Tierra y para que nuestros cuerpos puedan desarrollarse. Son nuestras compañeras de viaje, inseparables y colaboradoras, con las cuales convivimos de manera armónica desde el nacimiento. Nos aportan mucho más de lo que con seguridad estamos dispuestos a reconocer. Sin ellas, nuestros frágiles cuerpos no sobrevivirían y los ecosistemas se derrumbarían. Desde este punto de vista vital y desde la humildad, puesto que compartimos con ellas nuestro planeta, deberían merecer como mínimo todo nuestro respeto. Convivimos con ellas de una manera mucho más estrecha de lo que podemos pensar, y, a pesar

de ello, siguen siendo, aún hoy, unas grandes desconocidas para casi todos nosotros. Pero este conocimiento lo podréis encontrar en este libro, y sin duda su lectura os hará aprender a disfrutar del hecho de estar tan bien acompañados.

Hay, sin embargo, otra forma de estimación por las bacterias, y es la que transmite Anna Maria. Durante muchos años, las bacterias han sido sus compañeras de viaje, como para todos nosotros, pero también su fuente de investigación, de inspiración y de docencia. Anna Maria nos ha transmitido a todos los que hemos sido alumnos suyos la pasión por las bacterias. En cuanto entraba en el aula, veíamos sus ojos vibrantes de emoción, que traslucían el gran respeto y la estima que sentía hacia estos microorganismos y la satisfacción que le producía el hecho de compartir sus conocimientos con otras personas. Microbióloga y docente. Respeto y estima por las bacterias y por los alumnos. Pasión por su trabajo. Justo esto es lo que encontraréis en estas páginas: la pasión del conocimiento en el campo de la microbiología. Os puedo asegurar que, cuando acabéis la lectura de este libro, tendréis una nueva visión de las bacterias. Dejarán de resultaros seres extraños y desconocidos, a veces peligrosos, y las veréis como una pieza clave de la vida.

He empezado diciendo que las palabras no son inocentes, y estas tampoco lo han sido. Son una llamada para que os dejéis llevar, sin complejos ni preconcepciones, por los conocimientos de una persona que ha dedicado toda su vida académica a descubrir un nuevo mundo, que ahora os ofrece.

DAVID BUENO

Profesor e investigador de la Sección  
de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo  
de la Universidad de Barcelona

## Presentación

He dedicado alrededor de cuarenta años de mi vida al estudio de un grupo de bacterias que, entre otras cosas, contribuyen a que nuestros mares no estén llenos de hidrocarburos. Aunque nos pueda sorprender, se estima que, de forma accidental o intencionada, más de tres mil toneladas de estos contaminantes llegan a nuestros océanos cada año. Durante estas cuatro décadas de investigación, el privilegio de ser profesora del Departamento de Microbiología de la Universidad de Barcelona me ha permitido transmitir mis conocimientos —adquiridos gracias a la lectura de trabajos de diversos microbiólogos, así como a los míos propios en el laboratorio— a centenares de alumnos que han transitado por las aulas de la Facultad de Biología de esta universidad.

Como profesora de la asignatura general de Microbiología de la licenciatura de Biología, solía plantear una pregunta a mis alumnos en su primer día de clase. Para ellos, esta asignatura suponía la primera vez que durante un curso completo les hablarían solo de microbios, y me gustaba preguntarles qué les sugería el término «microbio». En un porcentaje aplastante, las primeras palabras que se les ocurrían eran «misterio», «temor», «perjuicio» y «enfermedad». Esta misma pregunta la volvía a efectuar al finalizar el curso y, con gran satisfacción, comprobaba que se había producido un cambio radical en su percepción. Naturalmente, no he podido trasladar este pequeño ensayo a la sociedad en general, pero me atrevo a suponer que, en general, la respuesta no estaría muy alejada de la de mis alumnos.

No es mi intención minimizar los estragos causados por las bacterias patógenas sobre la humanidad. En la actualidad, aunque se hayan realizado grandes avances, las enfermedades infecciosas, la mayoría de las cuales son causadas por bacterias, todavía representan la segunda causa de mortalidad en todo el mundo. Y si nos remontamos al pasado podría citar dos episodios extremadamente dramáticos. En primer lugar, el desencadenado por la bacteria *Yersinia pestis*, causante de la peste bubónica, que acabó con un tercio de la población europea en el siglo XIV y, en segundo lugar, no menos dramático, el que ocurrió en el siglo XVI en la región central del continente americano. Cuando el conquistador español Hernán Cortés llegó, la población nativa era de unos treinta millones de personas, pero transcurridos cincuenta años, esta había descendido a tres millones. Las enfermedades infecciosas producidas por las bacterias y virus portados por los españoles fueron la causa principal de dicha mortalidad.

Aun así, entre las decenas de miles de especies bacterianas que se conocen, en realidad apenas un centenar de ellas rompen las reglas de la convivencia pacífica con la humanidad al provocarnos enfermedades. Es por ello que en el presente libro me propongo presentar y descubrir lo que yo llamo la cara amable de las bacterias.

La cara amable de las bacterias está vinculada con infinidad de ámbitos. Uno de ellos, quizá el más conocido, es el relacionado con la producción de alimentos, como es el caso de los derivados lácteos. Puede que el lector esté pensando en alimentos como el vino, la cerveza o el pan; sin embargo, en estos casos, los protagonistas no son las bacterias, sino las levaduras, que son también microbios, pero un poco más grandes que las bacterias, y que están emparentadas con los hongos. En el primer capítulo veremos en qué se diferencian las bacterias de las levaduras.

Otro ámbito importante es el relacionado con la producción de moléculas de interés farmacéutico, como sería la síntesis de antibióticos. En este mismo campo, hace poco se ha descrito la síntesis de compuestos po-

tencialmente antitumorales, como los producidos por la bacteria *Salinosora*, que se encuentra en los fondos marinos a más de mil metros de profundidad.

Por último, en el ámbito industrial, sin connotaciones terapéuticas, estarían las bacterias que producen, entre otras cosas, enzimas, aminoácidos, emulsionantes, aditivos alimentarios o aditivos de detergentes.

Las bacterias tienen infinidad de caras amables, y en un libro de divulgación como el presente no pretendo aturdir al lector con la explicación de cientos de casos donde podríamos observar este valioso aspecto del mundo bacteriano. Teniendo en cuenta que nuestro planeta está cada vez más amenazado por las acciones de los organismos supuestamente más evolucionados, los seres humanos, y dado que mi ámbito de trabajo, tanto en la investigación como en la docencia, ha sido el de la microbiología ambiental, mi propuesta es centrarme en los aspectos relacionados con el medio.

Voy a exponer cómo las bacterias —seres vivos situados en el extremo contrario de la escala evolutiva— llevan a cabo una serie de actividades metabólicas imprescindibles para que se sigan dando las condiciones de habitabilidad que la humanidad requiere en nuestro planeta: cómo cierran los ciclos de los elementos que forman la materia viva, cómo luchan contra la contaminación química y cómo nos ofrecen soluciones al permitir la sustitución de muchos productos nocivos para la salud humana —como los plásticos, los hidrocarburos o los pesticidas— por otros totalmente inocuos que ellas pueden sintetizar.

Asimismo, mostraré que el comportamiento de las bacterias se mueve siempre en el campo de la cooperación y el altruismo, por lo que quizá la mejora en el conocimiento del mundo bacteriano nos lleve a potenciar y utilizar con mayor generosidad todas estas posibilidades que nos ofrecen para vivir en un planeta más limpio, más sostenible e incluso, por qué no, más solidario.

## CAPÍTULO 1

### Qué son los microbios y qué son las bacterias

Dado que este libro habla del mundo de las bacterias, debemos empezar por entender qué son. Estos diminutos seres vivos están incluidos en el grupo de los microbios, también llamados microorganismos. La palabra «microbio» procede de los términos griegos *micro* ('pequeño') y *bios* ('vida'). En efecto, consideramos microbios a aquellos seres vivos cuyo tamaño es menor de 0,1 mm, por lo que no podemos verlos a simple vista y necesitamos un microscopio para observarlos. Tras esta definición tan genérica, no nos ha de extrañar que dentro del mundo microbiano encontremos una gran diversidad de organismos: desde algas microscópicas, como las diatomeas, y hongos microscópicos, como las levaduras, hasta protozoos, como las amebas y, finalmente, las bacterias. Un mundo aparte lo constituyen los virus, que son los organismos más pequeños que existen, pero que no están formados por células, sino que, de hecho, tienen que introducirse en una, ya sea de un animal, de un vegetal o de una bacteria, para poder reproducirse.

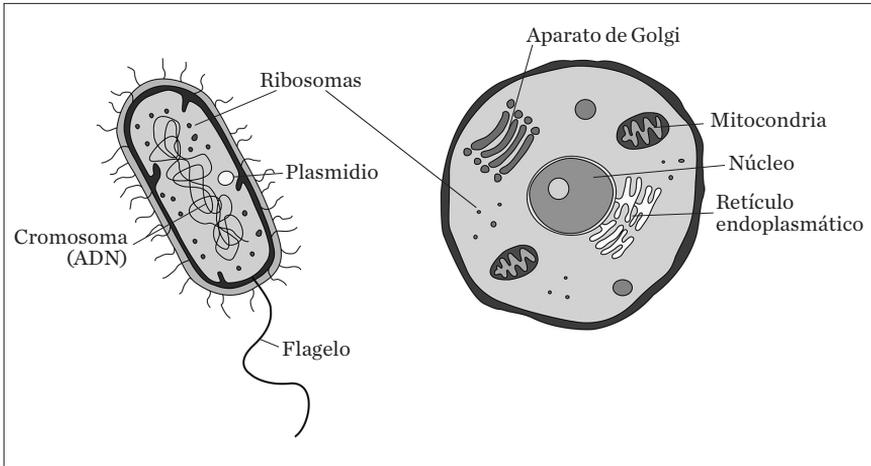
La célula es la unidad de la vida independiente. Por tanto, debe contener toda una serie de componentes que le permitan mantenerse viva y formar, a su vez, nuevas células, es decir, generar descendencia. ¿Y de cuántas partes está formada una célula? Pues serían tres: una de las estructuras principales es la membrana celular que la separa del exterior y que controla qué materiales pueden entrar y cuáles deben salir. Otra es el

material donde se almacena la información genética, el ácido desoxirribonucleico (ADN), que se organiza en unas pequeñas estructuras denominadas cromosomas que contienen la información necesaria para que cada organismo adquiera las características que lo diferencian de otros y, lo que es más importante, que garantice su herencia. Finalmente encontramos un medio acuoso interior que denominamos citoplasma y que alberga una infinidad de estructuras y materiales diversos, como las proteínas y otras moléculas, que permiten llevar a cabo las actividades vitales y ofrecen la posibilidad de dividirse y generar nuevos individuos.

Pues bien, así como el tamaño nos ha permitido definir a los microbios, el tipo de célula nos permitirá diferenciar las bacterias del resto de los seres vivos. Aunque nos parezca simplista y sorprendente, todos los seres vivos que pueblan nuestro planeta, ya sean microbios, plantas o animales, presentan solo dos tipos de células: las células de las bacterias, que se denominan procariotas, y tienen una estructura muy simple, y las células del resto de los seres vivos, que se denominan eucariotas, y tienen una mayor complejidad estructural.

Aunque son varias las diferencias entre estos dos tipos celulares, una de ellas es la más destacada y, como veremos, la que les da el nombre. El término «procariota» procede del griego *pro* ('antes de') y *karyon* ('núcleo'), y se aplica a las células que tienen el material genético disperso en el interior de la célula. En cambio, «eucariota», del griego *eu* ('verdadero') y *karyon* ('núcleo'), se refiere a las que tienen el material genético —los cromosomas— rodeado por una membrana en forma de esfera situada en el interior del citoplasma, de manera que esta membrana y lo que contiene en su interior constituye el núcleo (figura 1).

Las bacterias son seres unicelulares, es decir, formados por una sola célula de tipo procariota con un tamaño que oscila entre 0,5 y 5  $\mu$ . El resto de los seres vivos son eucariotas y pueden estar formados por una sola célula, como las levaduras o los protozoos —que por su tamaño estarían



**Figura 1.** Esquema de una célula procariota (izquierda) y de una célula eucariota (derecha). En esta última podemos ver varias estructuras, como las mitocondrias, el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi, entre otras, que no se encuentran en la célula procariota. Imagen: Eulàlia Rovira.

incluidos en el grupo de los microbios—, o por muchas células, formando organismos pluricelulares, tales como las plantas y los animales.

Sin embargo, esta simplicidad que supone distribuir los seres vivos entre bacterias y el resto de los seres vivos eucariotas concluyó a finales de la década de 1970 a raíz de los descubrimientos de un grupo de microbiólogos de la Universidad de Illinois encabezados por Carl Woese. Mientras estudiaban un grupo de bacterias muy arcaicas que vivían sin oxígeno, observaron que estas presentaban algunas diferencias, aunque no morfológicas, con respecto al resto de las bacterias conocidas hasta aquel momento. Y aunque se cuenta que, después del descubrimiento, en una conversación entre ellos, Ralph Wolfe, otro miembro del equipo de investigadores, seguía convencido de que era indudable que eran igualmente bacterias, más tarde las cosas cambiaron.

Antes de avanzar, quiero destacar que en las últimas décadas han ido apareciendo nuevas técnicas de análisis molecular que han permitido

profundizar en las características de cualquier ser vivo hasta niveles antes impensables, en particular en el caso de los organismos unicelulares. Por tanto, no nos ha de extrañar que la clasificación taxonómica de organismos con una simplicidad morfológica tan extrema como son las bacterias, ya que están constituidas por una sola célula y sus diferencias de forma son mínimas, esté basada en diferencias moleculares y no tanto en las de tipo morfológico. En este sentido, recuerdo que, durante unos años, como consecuencia de la aplicación de estas técnicas moleculares que iban apareciendo de forma vertiginosa, la clasificación de las bacterias sufrió una verdadera revolución, y bacterias que antes estaban incluidas en determinados grupos taxonómicos fueron reasignadas a otras categorías tras verificarse su composición molecular.

Pues bien, estas técnicas se aplicaron tanto a las nuevas bacterias descubiertas por Woese como a otras descubiertas con anterioridad pero que, como ellas, también vivían en ambientes inhóspitos que recordaban las condiciones primitivas del planeta —por ejemplo, con temperaturas elevadas y en ausencia de oxígeno—. Los resultados permitieron determinar que las bacterias de Woese y las procedentes de estos ambientes extremos eran muy similares entre sí, y que, a su vez, eran muy diferentes del resto de las bacterias, las que podríamos denominar «normales» por el hecho de vivir en ambientes más amables y que corresponderían a los compartidos con los humanos. Por todo ello, se decidió agrupar a estos microbios en una nueva categoría de seres vivos, la de los *Archea*, del griego *arkhaia* ('antiguas'), y se determinó que los organismos de nuestro planeta se distribuirían en tres categorías: *Archea*, *Bacteria* y *Eucarya*. Sin embargo, teniendo en cuenta que tanto las arqueas como las bacterias están formadas por una sola célula procariota y que hasta el momento hemos descrito más de siete mil especies de bacterias y solo unas trescientas arqueas, y dada la voluntad divulgativa de este libro, a partir de ahora utilizaré el término «bacteria» con laxitud, sabiendo que en algunas ocasiones puede tratarse de una arquea.