

EDITORIAL
TERRACOTA **ET**

Microbios: el universo invisible

Ma. Isabel Salazar, Penélope Aguilera,
Perla Maldonado, Minerva Arce Fonseca
y Gloria León Ávila

EDITORIAL
TERRACOTA **ET**

Colección **Sello de Arena**

Contenido

- 7 Introducción
 - Las bacterias*
- 8 La forma de vida más antigua
- 14 Pero, ¿qué son las bacterias?
- 22 La génesis de las bacterias
- 30 La herencia de las bacterias: la mitocondria
- 35 Formas de las bacterias
- 40 ¿Cómo se reproducen?
- 46 Las bacterias se mudan a nuestro cuerpo
- 51 ¿Cómo causan daño las bacterias?
- 63 ¿Cómo las combatimos y cómo se defienden?
- 67 Lo que no las destruye las hace más fuertes
- 73 Las grandes epidemias: el caso de la tuberculosis
- 77 Las bacterias, nuestras grandes aliadas
- 81 Más allá del bóttox...
 - Los parásitos*
- 86 ¿Qué es un parásito?
- 91 ¿Cómo lucen los parásitos?
- 96 Convención de parásitos: sus formas de transmisión
- 102 Los parásitos y sus vectores
- 106 El camuflaje: la mejor estrategia contra el exterminio
- 114 Aliados y rebeldes pueden parecerse: el descubrimiento de la forma infecciosa de la amiba
- 119 Leishmaniasis y pobreza
- 124 Medidas para evitar la infección con parásitos
 - Los virus*
- 126 ¿De qué están hechos?
- 131 ¿De dónde vienen los virus?
- 134 ¿Dónde habitan y qué organismos infectan?

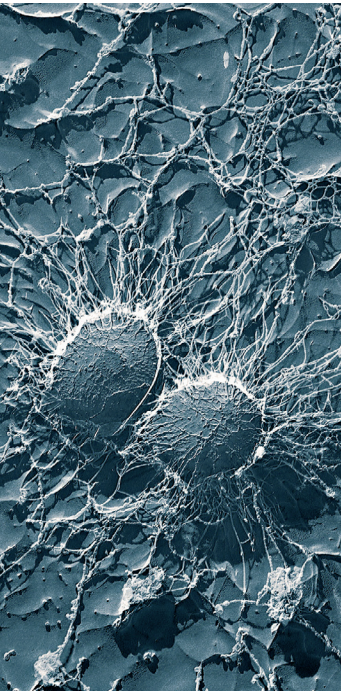




- 138 Sus formas y su material genético
- 141 Establecidos y replicándose
- 145 Las grandes epidemias virales
- 150 ¿Cómo llegan a nosotros y qué enfermedades causan?
- 156 ¿Han moldeado nuestra historia?
- 161 ¿Por qué emerge un virus?
- 168 Los virus más mortíferos
- 172 ¿Cómo nos defendemos de los invasores?
- 178 La convivencia pacífica
- 180 Lo más complejo de la simplicidad
- 182 Célebres cazadores de virus
- 186 Las vacunas, las terapias antivirales y los virus en las terapias

Las bacterias

La forma de vida más antigua



Microfotografía electrónica de 50 000 aumentos de dos estafilococos áureos, bacterias que suelen formar parte de la flora de la mucosa nasal humana, pero que en ciertas circunstancias pueden volverse infecciosas.

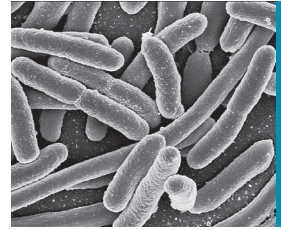
Las bacterias son la forma de vida más antigua de la Tierra y quizá la más abundante. En tu organismo hay millones de bacterias como flora normal, e incluso hay más bacterias que células. Pueden encontrarse 40 millones de bacterias en un gramo de tierra y un millón en un mililitro de agua dulce. Se calcula que en total hay aproximadamente 5×10^{30} bacterias en el mundo.

Estos microorganismos poblaron la Tierra mucho antes que ningún otro grupo de seres vivos. Se han encontrado restos fósiles de bacterias en rocas de hace 3 800 millones de años. Esas primeras bacterias habitaron los océanos primitivos del planeta cuando el ambiente aún era inhóspito: carente de oxígeno para respirar, con temperaturas extremadamente elevadas y altos niveles de radiación ultravioleta procedente del Sol. Las bacterias descendientes de las primigenias se encuentran hoy en todos los ecosistemas del planeta, desempeñando un papel clave en el equilibrio ecológico. La mayoría ha experimentado cambios y hoy sería incapaz de sobrevivir en las duras condiciones que caracterizaban a la Tierra primitiva. Aunque hay otras, llamadas arqueobacterias, que no han cambiado mucho.

Son organismos extraordinarios porque se adaptan a ambientes extremos y hostiles. Habitan en toda la biosfera, especialmente en zonas de la atmósfera carentes de oxígeno. Podemos encontrar bacterias en cualquier lugar de la Tierra: en el agua, en aguas residuales, en el suelo, en el polvo, en muchos alimentos, incluso en los llamados ambientes extremos, como las aguas termales, las aguas saturadas de sales o las profundidades oceánicas.

Algunas pueden sobrevivir y prosperar en ambientes más rigurosos, como manantiales calientes, pozas ácidas, desechos radiactivos, las profundidades de la corteza terrestre o en temperaturas de hasta 250 °C. Algunas bacterias soportan incluso el frío y el vacío extremos del espacio exterior.

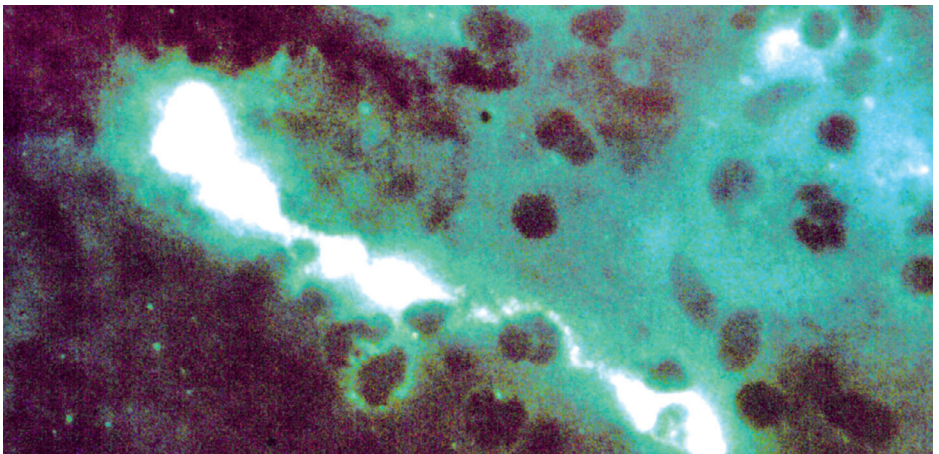
Las bacterias que viven en las fuentes termales o en las grietas hidrotermales de las profundidades marinas, lo hacen gracias a que su metabolismo depende del azufre. Otras bacterias no pueden estar en contacto con el oxígeno y sólo resisten en un medio anaerobio, es decir, carente de oxígeno, como el intestino o el lodo del fondo de **marismas**, ciénagas o pantanos. También se han encontrado bacterias resistentes a la radiactividad.



Marisma.

Terreno pantanoso a orillas de cuerpos de agua.

Microfotografía de 400 aumentos de una muestra de cerebro de ratón teñida, infectada por clamidias del género *Chlamydophila psittaci*.



De acuerdo con su forma de vida, las bacterias se clasifican en saprofitas, **simbiontes**, comensales, mutualistas y parásitas.

Las bacterias se clasifican en saprofitas, simbiontes, comensales, mutualistas y parásitas

Simbionte.

Organismo asociado con otro u otros, que obtiene beneficio de dicha asociación.

Las saprofitas son importantes en el aspecto ecológico porque descomponen la materia orgánica en sus elementos esenciales, que son utilizados como alimento por las plantas. Económicamente también tienen importancia porque son responsables de algunas alteraciones y deterioros que sufren los vegetales durante su almacenamiento y transporte, como la podredumbre, algunas manchas y marcas superficiales, el agrietado o el marchitado.

Las simbiontes viven asociadas con otro organismo: ambos obtienen algún beneficio. Muchas bacterias son simbiontes en el tracto digestivo del cuerpo humano y otros organismos; son la flora intestinal, que se alimenta de los desechos del huésped, y a cambio lo ayudan a digerir los alimentos.

El tracto digestivo de la mayoría de los animales está colonizado por una mezcla compleja de bacterias. Una excepción la constituye la sanguijuela medicinal (*Hirudo medicinalis*), que se ha usado para tratar la hipertensión, y que sólo presenta un tipo de bacteria, la *Aeromonas veronii*, que por sí sola causa enfermedades como la gangrena (muerte de un tejido) o la septicemia (presencia de organismos patógenos en la sangre, que conduce a la muerte en muy poco tiempo).

Lo interesante de esta asociación radica en que la *Aeromonas veronii* es patógena para todos los organismos excepto para la sanguijuela, lo que sugiere que



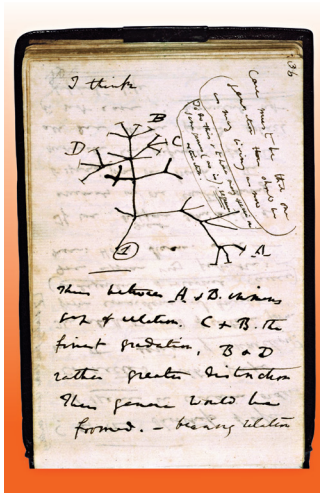
Sanguijuelas en el bazar egipcio de Estambul.

La génesis de las bacterias

Fue Charles Darwin quien tuvo la idea de que el origen de los seres vivos podía representarse con la forma de un árbol. Posteriormente, se sugirió que un pariente lejano y antiguo de las bacterias pudo haber sido el ancestro común a partir del cual surgieron las bacterias, las arqueas y los eucariontes. Esta célula debió de haber compartido características combinadas con los otros tres, como la replicación del ADN, la producción (síntesis) de proteínas, el tipo de metabolismo, la división celular, los mecanismos para reparar el ADN y la respuesta al medio ambiente.

Darwin pensó que el origen de los seres vivos podía representarse con la forma de un árbol

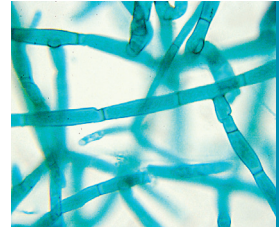
Primer borrador del árbol evolutivo de Charles Darwin, donde describe las relaciones entre organismos. Este árbol sugiere un ancestro común que dio origen a las bacterias, las arqueas y los eucariontes.



Los eucariontes aparecieron hace aproximadamente dos mil millones de años y se caracterizan por la presencia de un núcleo y **microtúbulos**. Las células eucariontes contienen mucho más ADN (unas 720 veces más nucleótidos) que las bacterias y éste se encuentra organizado en cromosomas, los cuales se resguardan dentro del núcleo. Su citoesqueleto (similar a un esqueleto, pero microscópico) está constituido por diferentes estructuras tubulares que se distribuyen en la célula. Estos tubos o filamentos están compuestos por una proteína llamada actina y sirven principalmente para darle forma a la célula, mientras que los microtúbulos participan en el transporte de los **organelos** a diferentes regiones de la célula y dirigen a los cromosomas durante la división celular hacia extremos opuestos, repartiéndolos por partes iguales dentro de las células hijas.

Las arqueas son un grupo de organismos que habitan en lugares poco usuales y en condiciones extremas. Frecuentemente se encuentran en ambientes caracterizados por la abundancia de compuestos ricos en energía generada por geoquímica, los cuales pudieron haber estado presentes desde hace 3 400 millones de años. Las arqueas no tienen un núcleo como los eucariontes, pero sí cuentan con una pared celular (como algunos eucariontes), la cual no está compuesta del mismo material (peptidoglicanos) que la pared celular de las bacterias.

Por último, las bacterias con un linaje muy antiguo, de más de 3 800 millones de años, tienen una amplia diversidad y un gran poder evolutivo. Una característica importante, aunque no exclusiva de ellas, es el desarrollo de una pared celular o segunda membrana, la cual les confiere rigidez y les da la

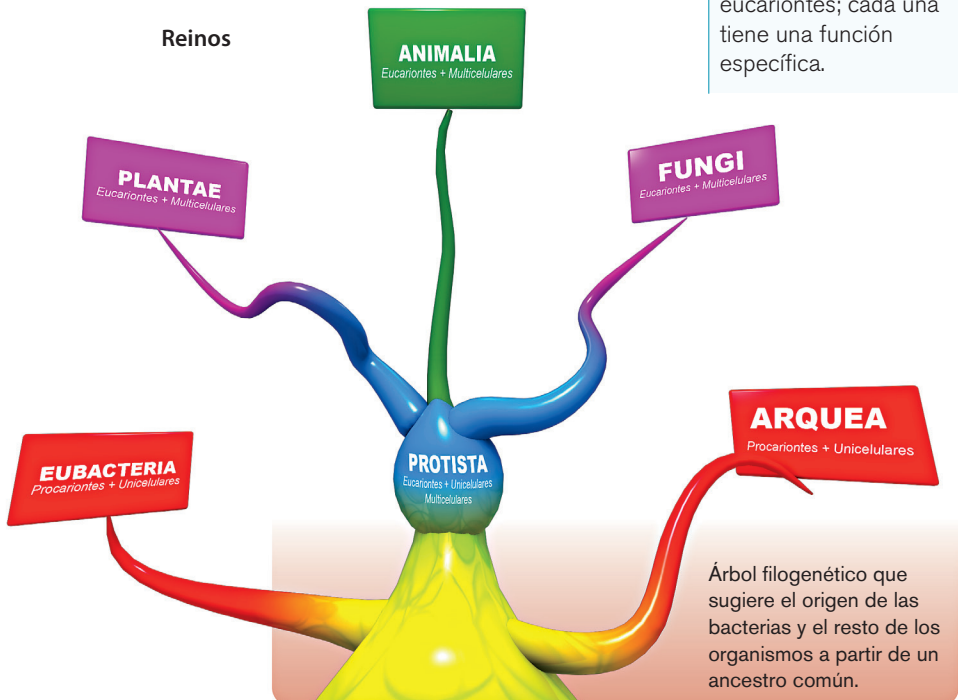


Microtúbulos.

Estructuras tubulares que flotan en el citoplasma. Forman una especie de rieles que transportan sustancias y organelos dentro de la célula.

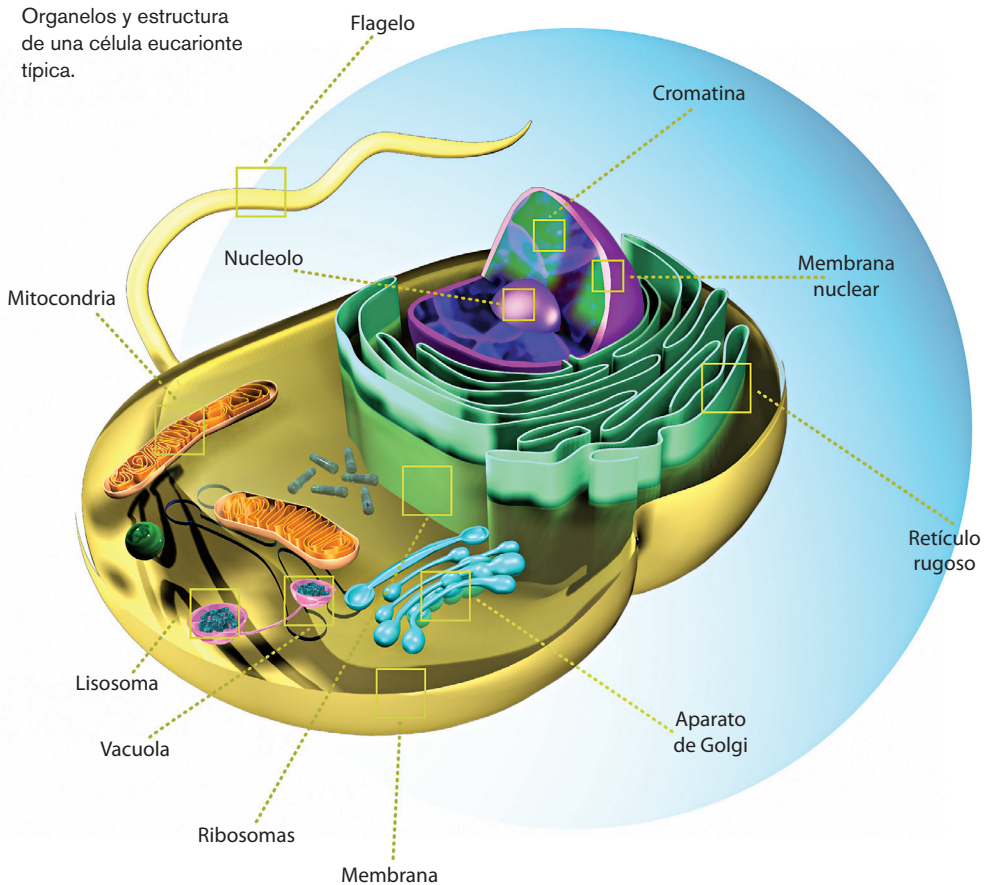
Organelos.

Estructuras limitadas por una membrana, presentes en el citoplasma de los eucariontes; cada una tiene una función específica.

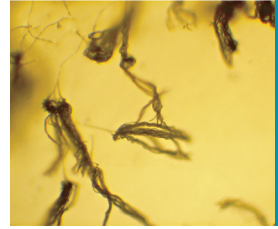


forma que las caracteriza. Se piensa que la pared celular surgió para resistir la presión que existe dentro de la célula. Se calcula que una bacteria como la *Escherichia coli* tiene que resistir una presión similar a la que existe en los neumáticos de un automóvil ocupado por todos sus pasajeros.

Entre las bacterias se pueden identificar dos grandes grupos: aquellas a las que “les gusta” teñirse de azul (las Gram positivas) y las que “prefieren” el color rojo (las Gram negativas) en las tinciones de laboratorio. Estos dos grupos se distinguen en la composición de la pared celular.



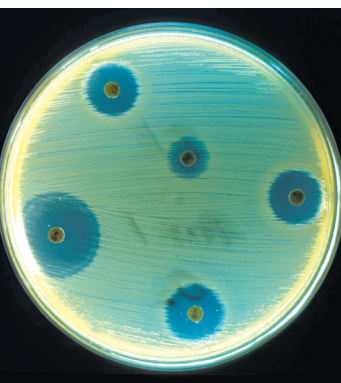
¿Cómo las combatimos y cómo se defienden?



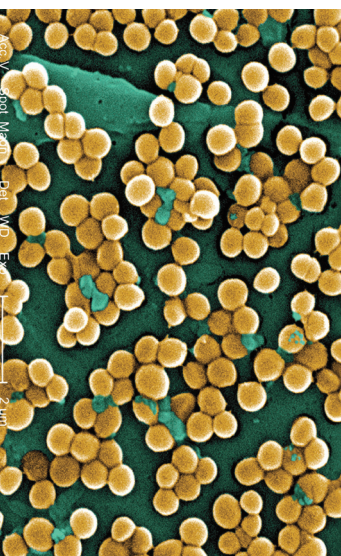
Existen dos tipos de antibióticos: los que matan a las bacterias (bactericidas) y los que sólo detienen su crecimiento (bacteriostáticos). La mayoría se generan del metabolismo de procariontes como actinomicetos y *Bacillus*, o de eucariontes como hongos de los géneros *Penicillium* y *Cephalosporium*. Según el blanco sobre el que actúan, se dividen en los que interfieren con la síntesis de la pared celular, los que actúan sobre la membrana celular, los que inhiben la síntesis de proteínas y los que actúan sobre la síntesis de ácidos nucleicos.

Inhiben la síntesis de la pared celular	Inhiben la síntesis de proteínas
Penicilinas Cefalosporinas Vancomicina Bacitracina A	Tetraciclinas Aminoglucósidos Cloranfenicol
Actúan sobre la membrana celular	Actúan sobre la síntesis de ADN
Polimixinas Valinomicina Anfotericina B	Actinomicina D Mitomicina C Novobiocina Coumermicina

Ejemplos de antibióticos según su mecanismo de acción.



Cultivo de laboratorio que muestra cómo unos discos de antibióticos inhiben la proliferación de una colonia de bacterias.



Colonia de estafilococo áureo resistente a la meticilina.

Los antibióticos que inhiben la síntesis de la pared celular, como las penicilinas, sólo actúan sobre bacterias en crecimiento. Los antibióticos que inhiben la síntesis de proteínas —por ejemplo, tetraciclinas y aminoglucósidos— se unen a proteínas del ribosoma. Algunos son selectivos (cloranfenicol), ya que sólo se unen a los ribosomas de las bacterias y no a los de las células del hospedador.

Las penicilinas, antibióticos que inhiben la síntesis de la pared celular, sólo actúan sobre bacterias en crecimiento

Las tetraciclinas son útiles incluso contra bacterias que viven como parásitos intracelulares, como las rickettsias, debido a que su estructura les permite atravesar las membranas. Los aminoglucósidos muestran un amplio espectro de actividad, pero tienen el inconveniente de que pueden causar daño al riñón o sordera; algunos se unen a la membrana celular y desorganizan su estructura y su función; otros se insertan en la membrana celular y forman un hueco que permite el paso de ciertas sales, lo que se traduce en la muerte de la bacteria; unos más afectan la membrana de procariontes (bacterias) y eucariotes (células humanas), por lo que son más o menos tóxicos.

Finalmente, los antibióticos que interfieren con la síntesis de los ácidos nucleicos, y que normalmente inhiben la función del ADN, no son útiles en la clínica, pero se han usado para estudiar algunas funciones del ADN.

Antibiótico	Características
Estreptomina	Producida por la micobacteria <i>Streptomyces griseus</i> . Fue el primer aminoglucósido que se introdujo en la práctica clínica. Actualmente, su uso se limita a algunos casos de tuberculosis y endocarditis, debido a la aparición de resistencia.
Neomicina	Producida por la micobacteria <i>Streptomyces fradiae</i> . Su toxicidad impidió su administración sistémica.
Kanamicina	Producida por <i>Streptomyces kanamyceticus</i> . Llegó a ser el antibiótico de elección hasta que se descubrió la gentamicina.
Gentamicina	Producida por la bacteria <i>Micromonospora purpurea</i> . Su descubrimiento representó un verdadero avance en el tratamiento de las infecciones causadas por las enterobacterias, entre ellas la <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .
Amikacina	Derivado semisintético de la kanamicina. Fue activa contra cepas bacterianas que habían desarrollado resistencia contra los aminoglucósidos iniciales. Mostraba un perfil toxicológico distinto.

Algunos aminoglucósidos y sus características.

Tras el éxito que acompañó la introducción de las sulfamidas y las penicilinas en las décadas de los años cuarenta y cincuenta, se observó un fenómeno de resistencia bacteriana a ciertos medicamentos, aunque existen bacterias que de modo natural son resistentes a determinado antibiótico. Sin embargo, la mayoría es sensible y se vuelve resistente gracias a cambios genéticos que sufre.

Existen dos tipos principales de mecanismos por los que una bacteria se vuelve resistente: 1) mutación en el ADN de la bacteria y 2) introducción de un fragmento de ADN adicional al ADN bacteriano (plásmido de resistencia).



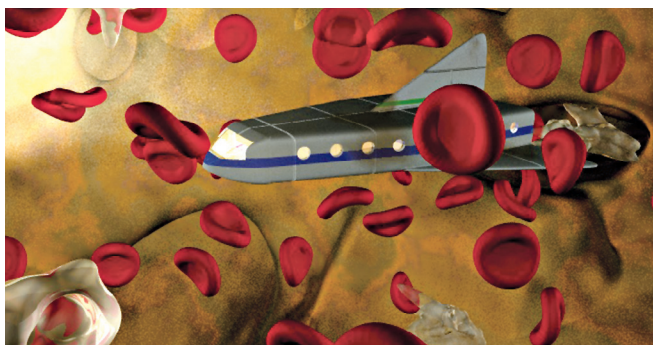
El consumo indiscriminado de antibióticos provoca que las bacterias se vuelvan resistentes a ellos.

Las bacterias, nuestras grandes aliadas

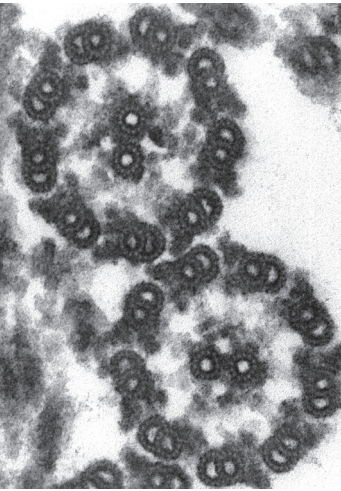
En 1966, Isaac Asimov, en su novela *Viaje fantástico*, imaginó el viaje de cinco individuos en un submarino microscópico que entraba en el torrente sanguíneo de un ser humano. A diferencia de otros acontecimientos del futuro que Asimov no sólo sospechó, sino que pronosticó acertadamente, un viaje de esta naturaleza sigue siendo ciencia ficción.

Sin embargo, desde hace varios años los científicos trabajan en el desarrollo de un método equivalente que permita distribuir medicamentos en el cuerpo humano. Una de las primeras tareas para cumplir con este objetivo es el diseño de microaparatos que puedan ser inyectados en la sangre y sean dirigidos por control remoto hacia un tejido específico, donde liberen el medicamento indicado, y que finalmente sean extraídos o desechados por el propio cuerpo.

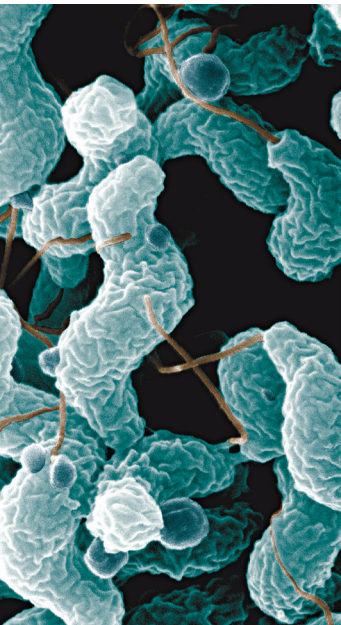
Son muchas las dificultades asociadas a este proyecto. El principal problema es el diseño de un robot miniatura que tenga una fuente de poder capaz de realizar el movimiento. Conforme se reduce el tamaño de un objeto, la fuerza requerida para que se



En la novela *Viaje fantástico*, Isaac Asimov describe una nave tan pequeña que es capaz de viajar en el torrente sanguíneo.



El alga verde unicelular *Chlamydomonas reinhardtii* está provista de dos flagelos.



Bacterias en las que se aprecian los flagelos con que se desplazan.

mueva en un líquido se incrementa enormemente; por ejemplo, la fuerza que necesita una bacteria para moverse en un medio acuoso es equivalente a la que nosotros necesitaríamos si intentásemos movernos en una sustancia tan viscosa como la miel. Sin embargo, la naturaleza ha resuelto este problema: ¡las bacterias y otros microorganismos se mueven! Por lo tanto, los científicos han pensado en copiar estos mecanismos.

La naturaleza ha creado motores moleculares muy poderosos, capaces de realizar movimientos complicados, que convierten energía química en energía mecánica de manera muy eficiente. Un ejemplo es el flagelo utilizado por las bacterias como motor para nadar. Sin embargo, reproducir estos biomotores con circuitos electrónicos no ha sido una tarea sencilla.

La naturaleza ha creado motores moleculares muy poderosos, que convierten energía química en energía mecánica

Una opción con la que han experimentado los científicos es el uso de motores flagelares, obtenidos de células intactas, sin material genético. Estos biomotores sólo requieren glucosa, y la maquinaria interna de la bacteria genera la energía necesaria para iniciar el movimiento. De esta manera se han obtenido biorrobots que pueden iniciar el movimiento y mantenerlo durante unos segundos. Aunque aún no se puede tener el control de estos biorrobots, no parece lejano el día en que puedan utilizarse en la distribución inteligente de medicamentos, que llevarían de manera específica hacia un tejido. Podrían

Aliados y rebeldes pueden parecerse: el descubrimiento de la forma infecciosa de la amiba



La amiba *Thecamoeba striata*.



Fisión binaria de un trofozoito de *Thecamoeba sp.*

“**L**a *Acanthamoeba castellanii* y la *Naegleria fowleri* se pusieron cómodas en su lugar en la fila M, cinco filas adelante de la *Entamoeba histolytica*. La *Acanthamoeba* se acercó y musitó: ‘Pobre *Entamoeba histolytica*, cada año se sienta más atrás, ya casi está con las amibas comensales’. La *Naegleria* comentó: ‘¿Y cómo quieres que sean las cosas?, si en realidad es un parásito venido a menos, aunque encabeza la lista de las parasitosis mexicanas. La disminución anual de los abscesos hepáticos que produce ha afectado su reputación. Ahora sólo vive de su pasado, de cuando provocaba unos abscesos tan grandes que parecía que al órgano le habían disparado con una bazuca.’”

J. Markow, un campesino de 24 años de edad, nacido en un poblado de la antigua Rusia, fue el primer paciente tratado por amibiasis. En 1874 fue admitido en una clínica de la ciudad de San Petersburgo. De acuerdo con las propias palabras de Markow, había emigrado a la gran ciudad en busca de trabajo y fortuna. Cuando enfermó, sus síntomas fueron diarrea violenta, malestar general y molestias rectales. Pero él continuó trabajando hasta que la enfermedad lo debilitó tanto que fue incapaz de mantenerse sentado en la cama.

Su médico, Fiodor Aleksandróvich Lesh, tras una evaluación, obtuvo un diagnóstico acertado; examinó las heces del paciente y encontró corpúsculos microscópicos; por su forma, movilidad, tamaño y formación de pseudópodos, determinó que se trataba de amibas.

En esa época, a las amibas no se las consideraba causantes de enfermedades, pero Lesh estaba convencido. Por lo tanto, inició el tratamiento. Utilizó compuestos que actualmente se emplean como colorantes en los laboratorios de microscopía electrónica, pero como no funcionaron, les añadió nuez vómica, bicarbonato de sodio, vino... Quizás todo lo que se le ocurrió. No obstante, no logró obtener buenos resultados: el estado de salud del paciente fue de mal en peor y el número de amibas en sus heces se incrementó.

En 1874 se documentó el primer caso de tratamiento médico contra las amibas

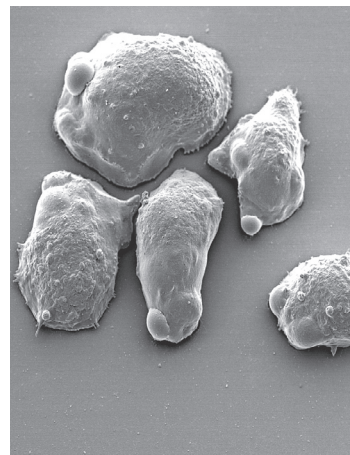
Lesh creía firmemente que la salud del paciente dependía de la eliminación de las amibas. Por lo tanto, experimentó en su laboratorio hasta encontrar un compuesto que logró eliminarlas. Tuvo éxito usando el sulfato de quinina. Lesh aplicó el tratamiento al paciente, quien empezó a mejorar; sin embargo, los síntomas reaparecieron y el paciente finalmente murió unos meses después de haberse iniciado el tratamiento.

Ésa fue la primera vez que se reconoció que las amibas eran causantes de un padecimiento. En la autopsia, Lesh encontró en el colon los estragos ocasionados por los parásitos; además, observó pequeñas células redondeadas que no pudo identificar.

Paulatinamente fueron descubriéndose diferentes géneros de amibas en el intestino del hombre: unas que provocan disentería y otras que no. Los médicos alemanes Quincke y Roos iniciaron en 1893 el estudio de dos géneros de amibas que infectan al ser humano. En 1913, Walker y Sellards realizaron un



Hospital de Pedro el Grande en San Petersburgo.



Microfotografía electrónica de la *Entamoeba histolytica*.