

# El descubrimiento de las bacterias y el experimento 606

Eduardo Wolovelsky



Ministerio de  
Educación  
Presidencia de la Nación



UBA  
Universidad de Buenos Aires

**Presidenta de la Nación**

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

**Jefe de Gabinete de Ministros**

Dr. Juan Manuel Abal Medina

**Ministro de Educación**

Prof. Alberto E. Sileoni

**Secretario de Educación**

Lic. Jaime Perczyk

**Jefe de Gabinete**

A.S. Pablo Urquiza

**Subsecretario de Equidad y Calidad Educativa**

Lic. Gabriel Brener

**Directora Nacional de Gestión Educativa**

Lic. Delia Méndez

---

**Rector de la Universidad de Buenos Aires**

Dr. Ruben Hallu

**Secretario de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil**

Lic. Oscar García

**Coordinadora General de Cultura**

Lic. Cecilia Vázquez

**Programa de Comunicación y Reflexión Pública Sobre la Ciencia**

Lic. Eduardo Wolovelsky

**DIRECTORA DE EDUCACIÓN PRIMARIA**

Lic. Silvia Storino

**COORDINACIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS**

Gustavo Bombini

**RESPONSABLE DE PUBLICACIONES**

Gonzalo Blanco

**AUTOR**

Eduardo Wolovelsky

**DISEÑO**

Rafael Medel López

Wolovelsky, Eduardo

El descubrimiento de las bacterias y el experimento 606. - 1a ed. -

Buenos Aires : Ministerio de Educación de la Nación, 2013.

64 p. : il. : 21x15 cm. -(Nautilus)

ISBN 978-950-00-0985-0

1. Ciencias para Niños.

CDD 507.054

## Queridas chicas y queridos chicos:

El Ministerio de Educación de la Nación pone hoy en sus manos y en las de sus maestros una colección de libros y de revistas muy particular. Su contenido nos ayuda a comprender los fenómenos naturales según los explican los científicos, cómo se forjaron esas explicaciones y su importancia en la transformación de la cultura y del mundo en que vivimos.

Una colección cuyos textos nos hablan de las Ciencias Naturales en diferentes momentos de la historia, nos cuentan sobre sus descubrimientos, sobre sus aciertos y errores. Sus páginas están llenas de historias poco conocidas u olvidadas. Algunas de ellas nos hablan sobre hombres y sociedades que pretendieron utilizar o utilizaron los conocimientos científicos para dañar a otros hombres, muchas otras en cambio, nos muestran el esfuerzo y la imaginación de personas que con sus conocimientos y actitudes hicieron grandes aportes para que podamos vivir un poco mejor. Esto es así porque la actividad científica es una actividad humana y por lo tanto está atravesada por contradicciones, intereses, sueños y desafíos.

Es por eso importante que en la escuela podamos estudiar esta actividad para comprenderla, para valorar sus logros o ponerlos en cuestión. Seguramente algunos de estos relatos los podrán leer solos o entre compañeros, otros textos necesitarán de la ayuda de sus maestros. Aunque aprender ciencias pueda parecer complicado, lo cierto es que todos ustedes, chicos y chicas son capaces de hacerlo y la escuela los ayudará todos los días a lograrlo.

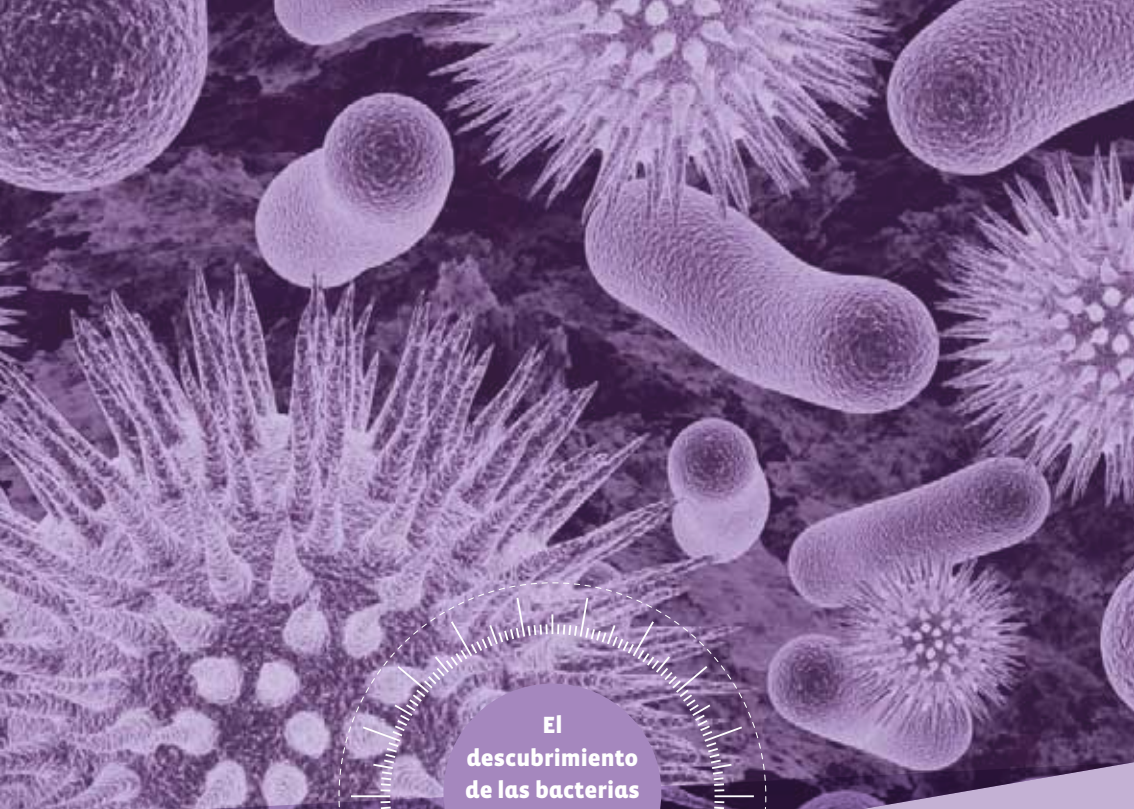
Finalmente, queremos que sepan que esta colección del Programa de Comunicación y Reflexión Pública sobre la Ciencia es el resultado del trabajo y esfuerzo realizado durante mucho tiempo por docentes e investigadores del Centro Cultural Ricardo Rojas de la Universidad de Buenos Aires. Ellos se han preocupado por difundir y brindar el derecho a cada ciudadano de que la ciencia pueda ser valorada críticamente. Les agradecemos mucho este aporte desinteresado que ha permitido que Nautilus llegue a cada uno de ustedes.

Esperamos que estudien mucho y que puedan compartir con sus familias todo lo aprendido en la escuela.

Con afecto,

**Alberto Sileoni**

Ministro de Educación de la Nación



**El  
descubrimiento  
de las bacterias  
y el experimento  
606**

**1**

***capítulo***



**El descubrimiento de las bacterias**

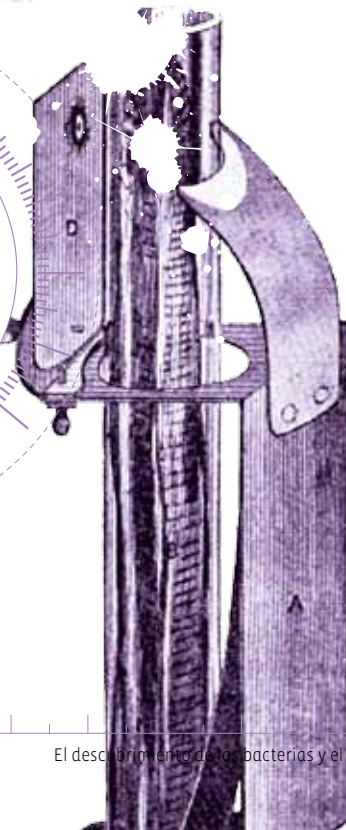


## El efecto de los cristales

**H**ubo una época en la que los microbios no existían. O al menos los hombres no los conocían, que es casi lo mismo. Pero cierto día del año 1673, Henry Oldenburg, Secretario de la Real Sociedad de Londres –una de las organizaciones científicas más importantes de aquellos tiempos–, recibió una carta firmada por Regnier de Graaf quien era, en Holanda, un renombrado médico y un gran estudioso del cuerpo humano. En aquella carta afirmaba que un compatriota suyo, de apellido Leeuwenhoek, había fabricado unas lentes cuyo aumento era tal que le habían permitido observar un nuevo universo poblado por seres extremadamente pequeños.



**Antoni van  
Leeuwenhoek  
(1632-1723)**





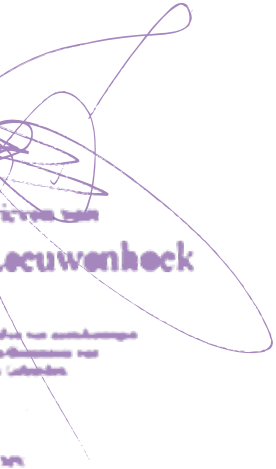
Leeuwenhoek era un vendedor de telas afincado en la ciudad de Delft. No era una personalidad. No pertenecía a la clase de hombres cultos y notables de la época. No dominaba el Latín, lengua en la cual se escribían los libros e informes científicos. No tenía formación universitaria pues había abandonado la escuela a los 16 años. Pero había algo que hacía mejor que nadie: fabricar lentes de aumento.

Parece ser que su pasión por penetrar el mundo de lo pequeño se había desarrollado a partir del minucioso trabajo de inspeccionar, con lupa, los tejidos que vendía. Una vez que empezó a fabricar sus propias lentes, todo objeto posible de ser observado era cuidadosamente estudiado bajo el maravilloso efecto de sus cristales. Pelos de lana de oveja, cortes de semillas, partes del ojo de un buey, o restos de su propia piel adquirían un aspecto extraño e inesperado bajo aquellos cristales montados entre dos placas metálicas.

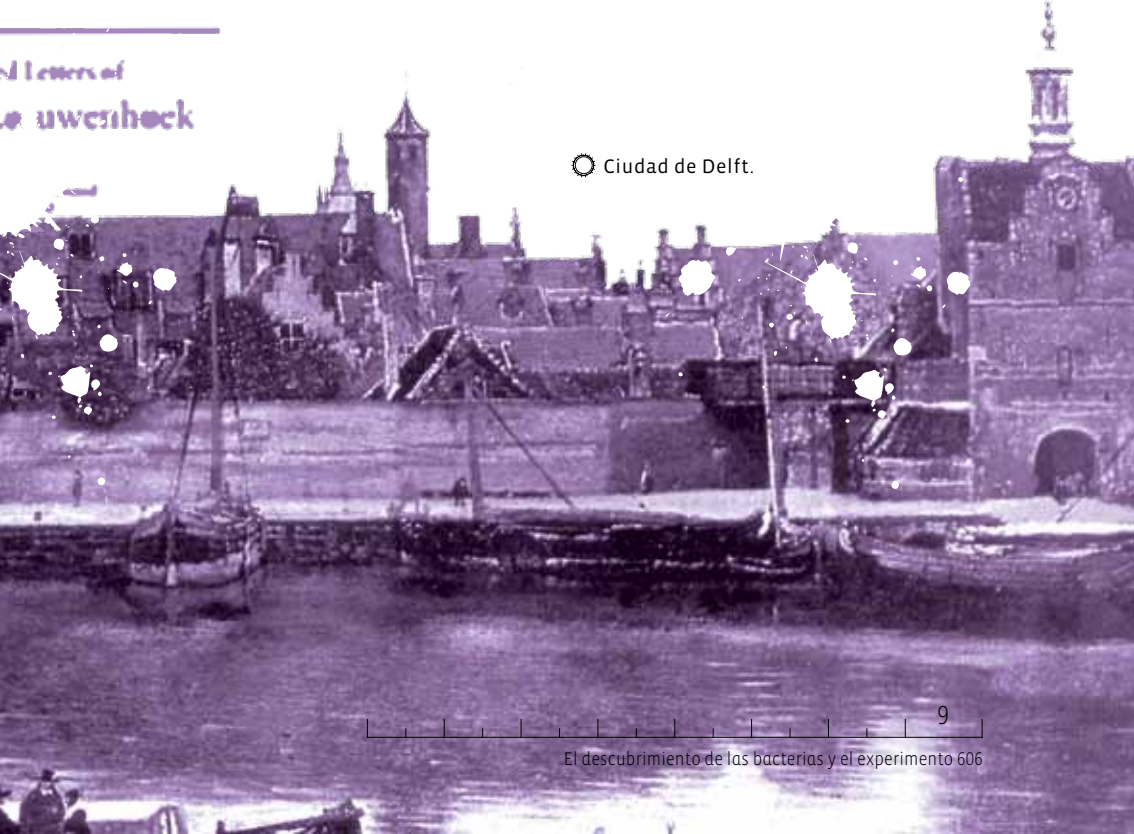


Fue en estas circunstancias que Regnier de Graaf lo conoció y escribió a la Real Sociedad presentando sus increíbles observaciones

*...Escribo a fin de comunicarle que una persona sumamente ingeniosa de estos lugares, llamada Leeuwenhoek ha ideado unos microscopios que superan con mucho lo que hemos visto hasta ahora (...). La carta adjunta escrita por él, en la que describe ciertas cosas que ha observado con mayor precisión que otros autores anteriores, puede servirle como muestra de su trabajo (...) le ruego le envíe una carta con sus sugerencias, proponiéndole problemas más difíciles del mismo tipo.*



Letters of  
Leeuwenhoek

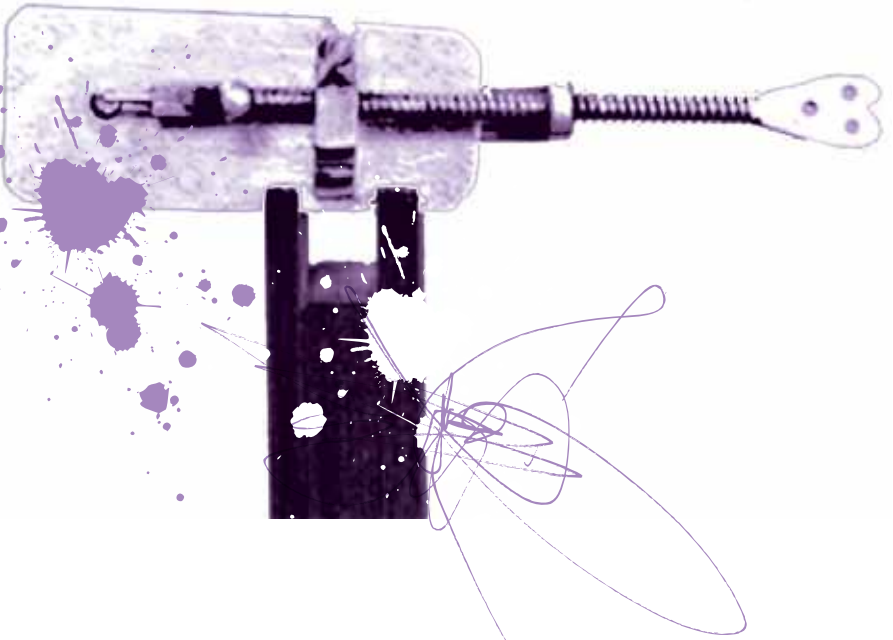


Ciudad de Delft.

De tanto mirar, una curiosidad infinita terminó adueñándose de Leeuwenhoek. La lluvia y el lago que estaba a tres kilómetros de la ciudad de Delft, ofrecían a su imaginación, una tentadora cantidad de agua que tal vez contuviese algo de interés. Entonces, un día, colocó muestras en unos pequeños tubos de vidrio que él mismo fabricaba y que eran extremadamente finitos, tomó uno de los tubos que contenía agua del lago y lo desplazó por debajo de la placa metálica hasta el orificio donde se encontraba la lente y observó... Lo que vio, lo impresionó tanto que decidió continuar con el estudio de otros elementos que sus microscopios parecían reclamar.





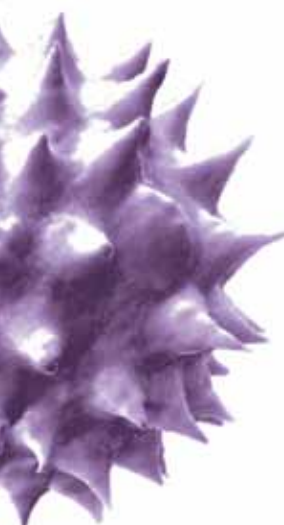
El microscopio de Leeuwenhoek.



## Los agujones de la pimienta

La pimienta era una especia tan codiciada como fuerte era la picazón que producía en el paladar. Tan extraña e intensa era esta sensación que Leeuwenhoek quiso saber a qué se debía. La explicación más sencilla y razonable que se le ocurrió para interpretar este efecto fue que los granos de pimienta debían tener pequeños pinches que se clavaban en la lengua transformando el simple acto de comer en una urticante aventura.

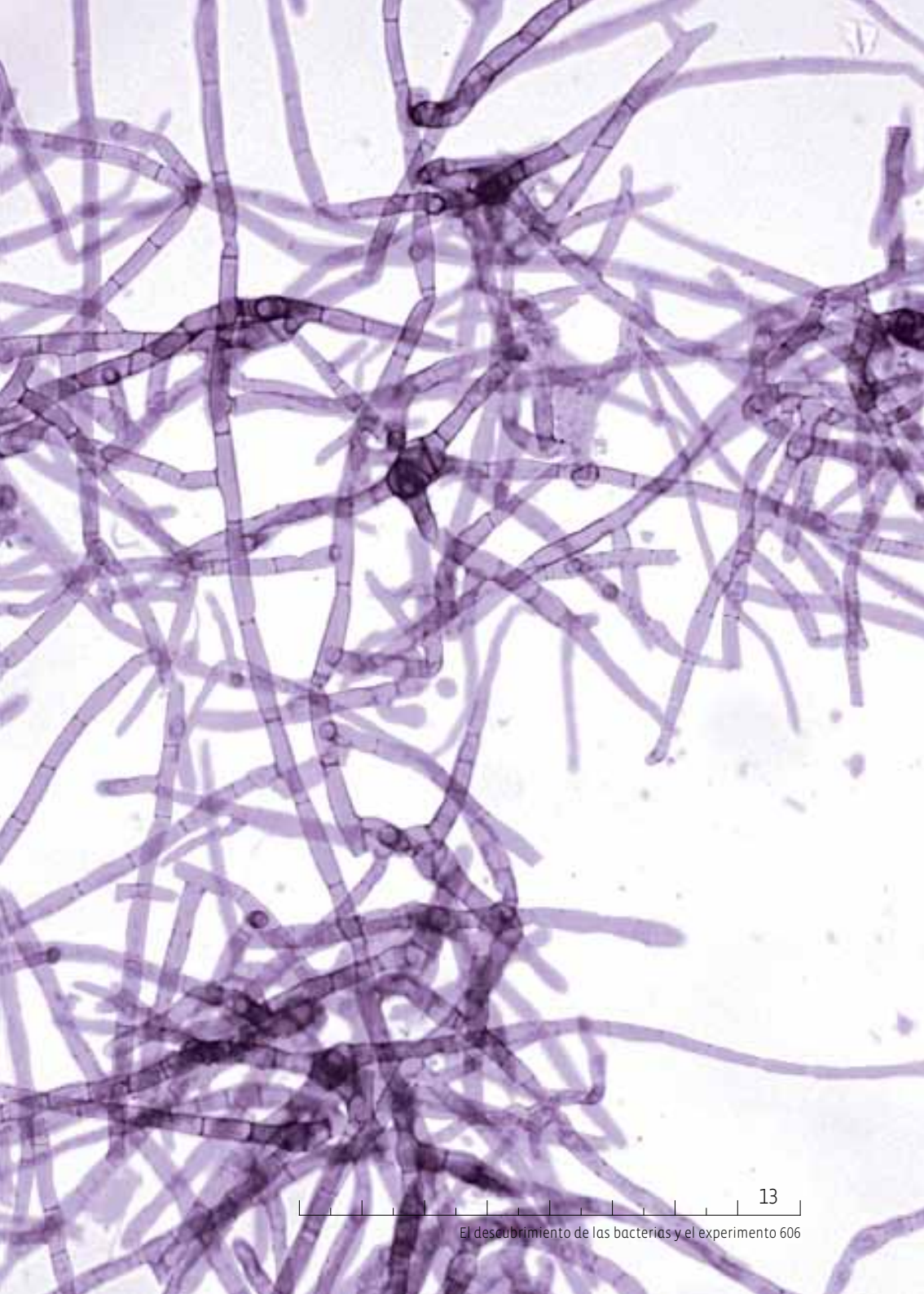
Mezcló agua limpia con granos de pimienta y los dejó un tiempo. Tomó, luego, una pequeña muestra y observó... Rápidamente se olvidó de los pequeños agujones imaginados porque su muestra estaba llena de las mismas diminutas criaturas que el agua pantanosa del lago de Delft. ¡Había descubierto organismos microscópicos que se le asemejaban a un pequeño zoológico en miniatura! Tal como lo había prometido les escribió, a sus colegas de la Real Sociedad, una extensa carta en la que describía lo que había visto.

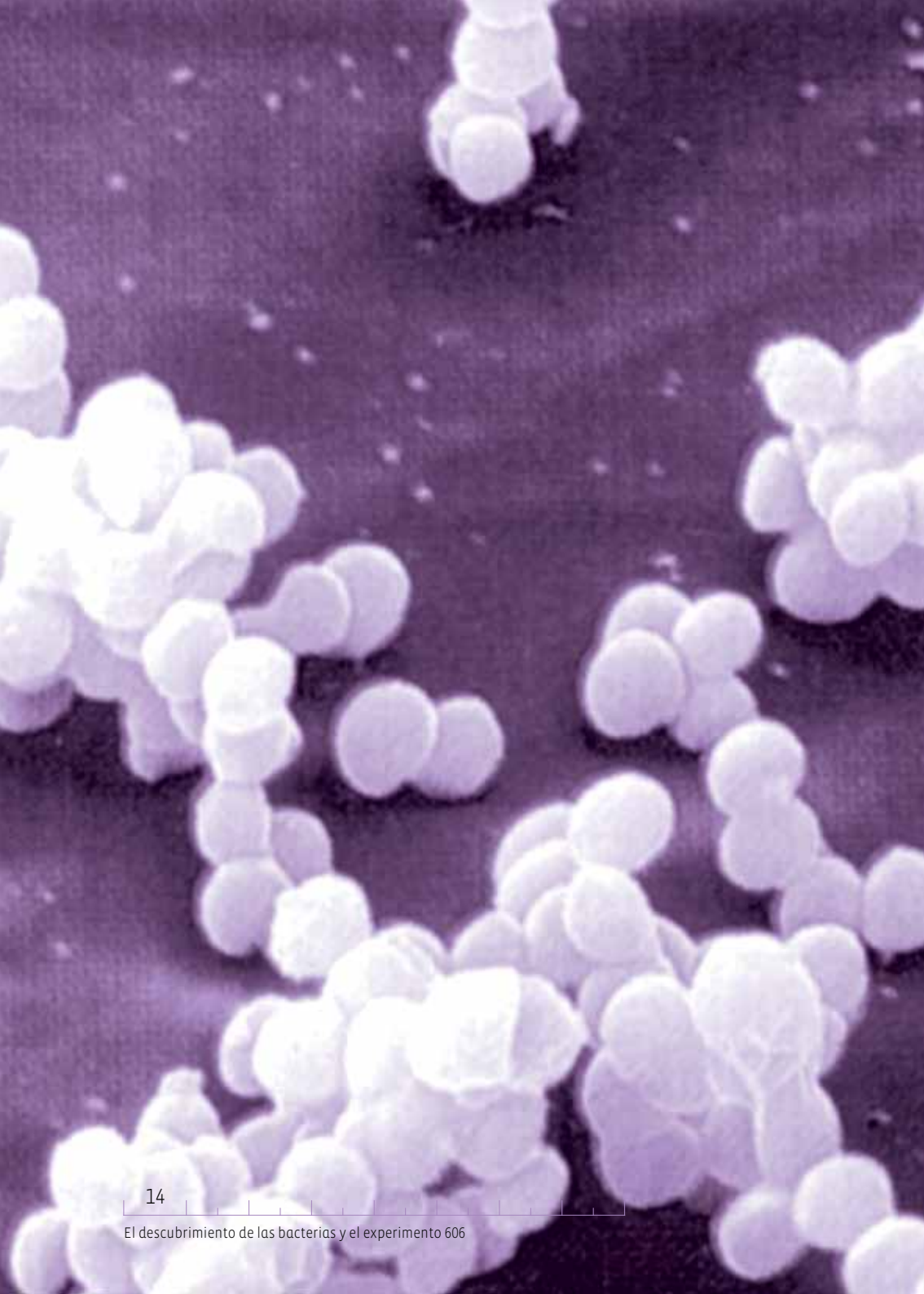


○ Dibujo fantástico que representa la idea de Leeuwenhoek sobre la estructura de los granos de pimienta.

*Entonces vi con gran claridad que se trataba de pequeñas anguilas o lombrices apiñadas y culebreando, igual que si viera a simple vista un charco lleno de pequeñas anguilas y agua, todas retorciéndose unas encima de otras, y pareciera que toda el agua estaba viva y llena de estos múltiples animáculos. Para mí, ésta fue, entre todas las maravillas que he descubierto en la naturaleza, la más maravillosa de todas; y he de decir, en lo que a mí concierne, que no se ha presentado ante mis ojos ninguna visión más agradable que esas miles de criaturas vivientes, todas vivas en una diminuta gota de agua, moviéndose unas junto a otras, y cada una de ellas con su propio movimiento...*



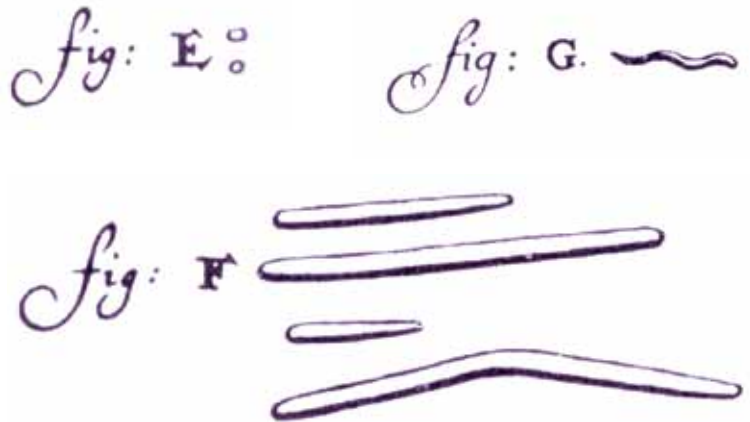






Aquellos “animálculos” no eran otra cosa que una enorme variedad de seres vivos formados cada uno por una única célula. Pero esta idea recién se desarrollará con claridad, mucho tiempo después de que Leeuwenhoek se aventurara en estos mundos microscópicos.

Tratándose de Leeuwenhoek, nada ni nadie estaba a salvo (ni siquiera él mismo). Era muy cuidadoso con la limpieza de sus dientes. Sin embargo, no podía evitar que se le formen placas blancas. Un buen día, mirándose al espejo, se le ocurrió tomar una muestra de una de esas placas, la mezcló con agua de lluvia y la observó en su microscopio. Descubrió que tenía una gran variedad de aquellos “animálculos” que, hoy sabemos, son *bacterias*.



○ *Estafilococos*, un tipo bacteriano observado al microscopio electrónico.



La misma suerte corrió un hombre ya anciano que fue como un tesoro caído del cielo porque no se había limpiado los dientes en toda su vida. Por supuesto que la cantidad y diversidad de formas vivas que allí encontró lo dejaron perplejo. El 17 de setiembre de 1683 envió una carta a la Real Sociedad en la que dejó la marca de su entusiasmo: el primer dibujo donde se reconocen claramente formas bacterianas.

Leeuwenhoek realizó una enorme cantidad de observaciones y escribió un sinnúmero de cartas describiendo lo que sus microscopios le revelaban. Vivió 91 años y murió sin decir cómo fabricaba sus maravillosas lentes.



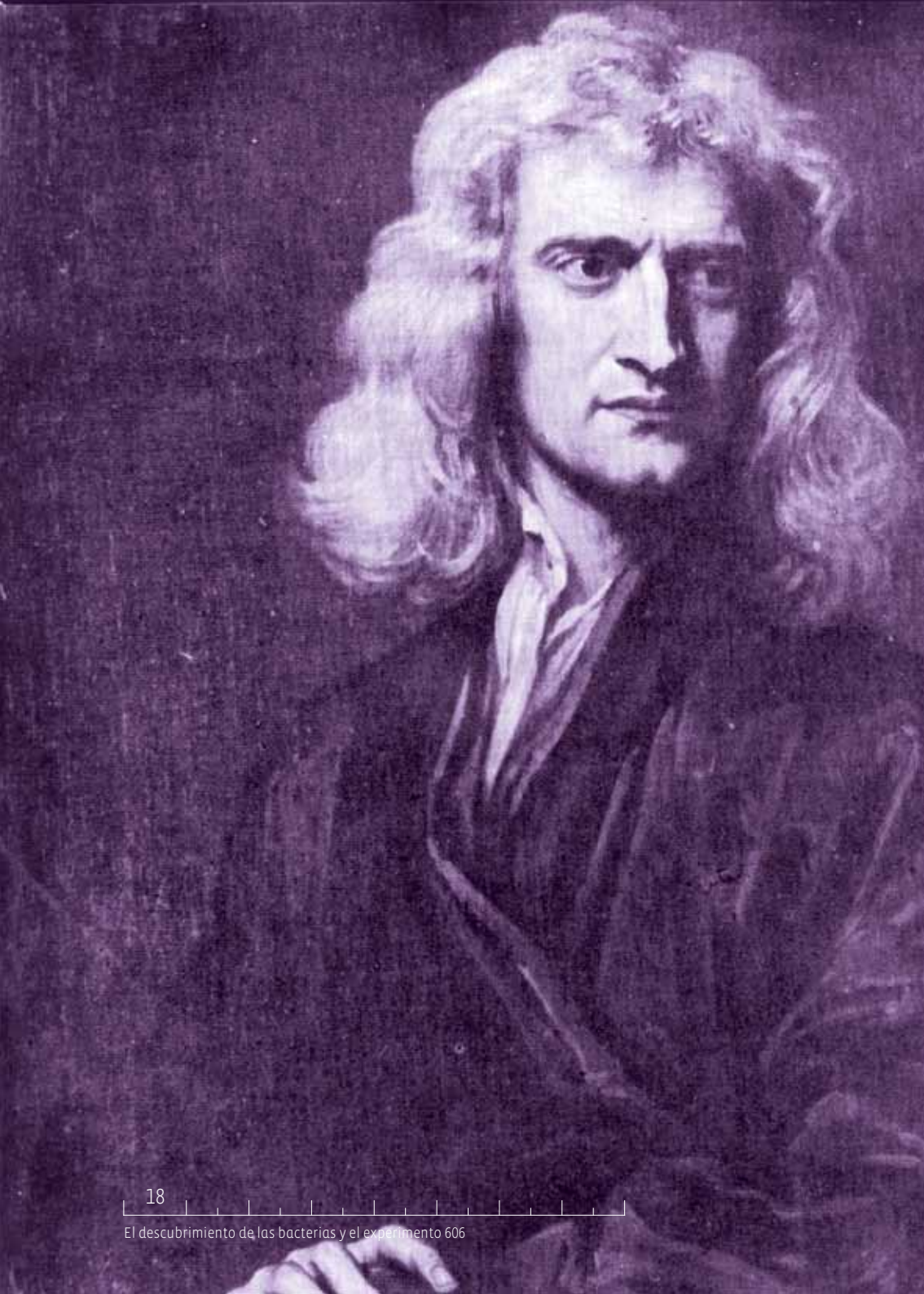
○ Dibujos que Leeuwenhoek enviara a la Real Sociedad y que constituyen, además, la primera representación gráfica de las bacterias.

*Fig: E* ∞

*Fig: G* 

*D*

*Fig: F* 



## Los mismos dolores, la misma enfermedad

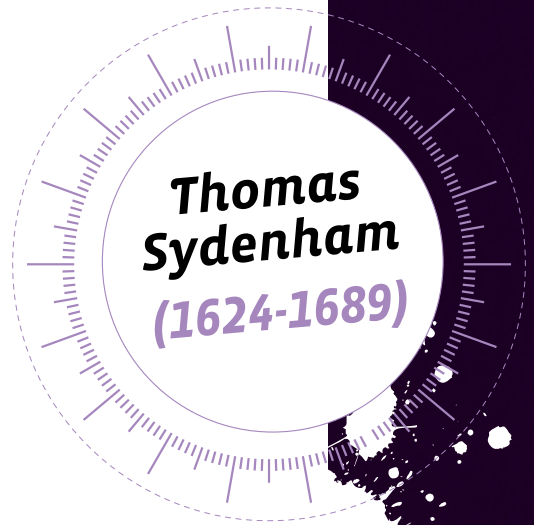
Mientras Leeuwenhoek se deleitaba observando sus “animálculos” bajo sus exclusivos microscopios, en Inglaterra, a Thomas Sydenham lo desvelaban y preocupaban cuestiones más dramáticas. Su época estuvo marcada por epidemias, como la peste que afectó a Londres en el año 1665 y en la que murieron unas 100 mil personas. Como buen médico quería aliviar y curar a los enfermos. Estudiaba y observaba con cuidado.



**Isaac  
Newton**  
(1643-1727)

- Isaac Newton (1643-1727), célebre físico y matemático que desarrolló la teoría de la gravitación universal, debió abandonar la Universidad de Cambridge, durante la epidemia de peste de 1665.

Se dio cuenta de que cada enfermedad tenía determinadas características: síntomas que se repetían en diferentes pacientes, tos o fiebre, cambio de color en la piel o jaquecas. Pensó que si diferentes personas sufren los mismos dolores por una misma enfermedad entonces es posible que cada una de las enfermedades tenga una causa particular. La peste, por ejemplo, podía ser provocada por algo que, aunque desconocido, seguramente era diferente de aquello que provocaba la tuberculosis o la gripe.



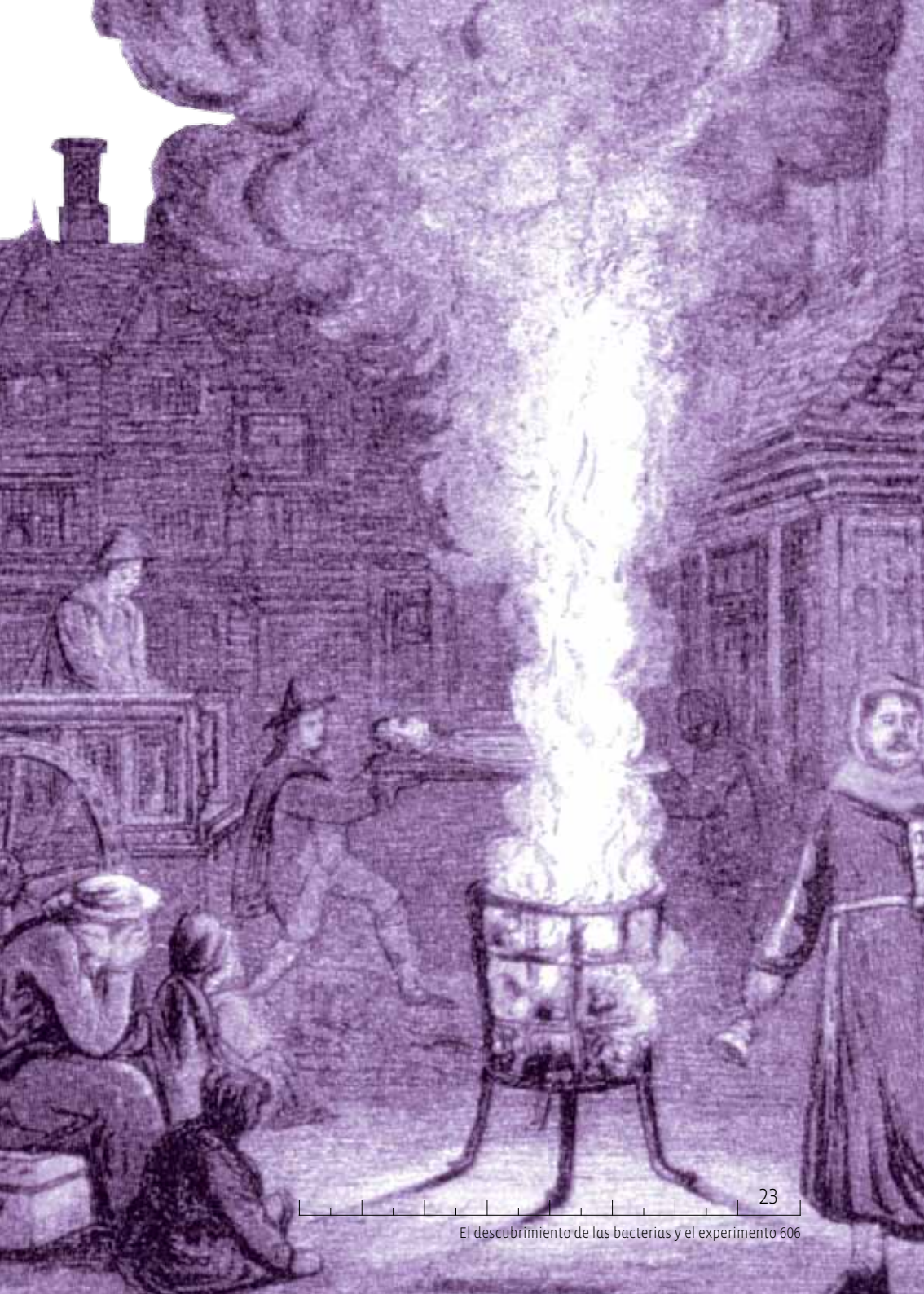
- Thomas Sydenham, médico inglés(1624-1689). Valoró la necesidad de la observación directa de los fenómenos clínicos en las personas enfermas. Debido a la importancia de su trabajo se lo conoce como el Hipócrates inglés, ya que este pensador griego del siglo V antes de Cristo, es considerado el padre de la medicina.



Esta fue una gran idea que Sydenham defendió con pasión. Y que tiempo después ayudaría a los médicos a entender las causas de muchas dolencias y determinar que algunas formas bacterianas son responsables de males tan profundos como la peste o la tuberculosis.

○ Londres, 1665. Escenas de la epidemia de peste bubónica.









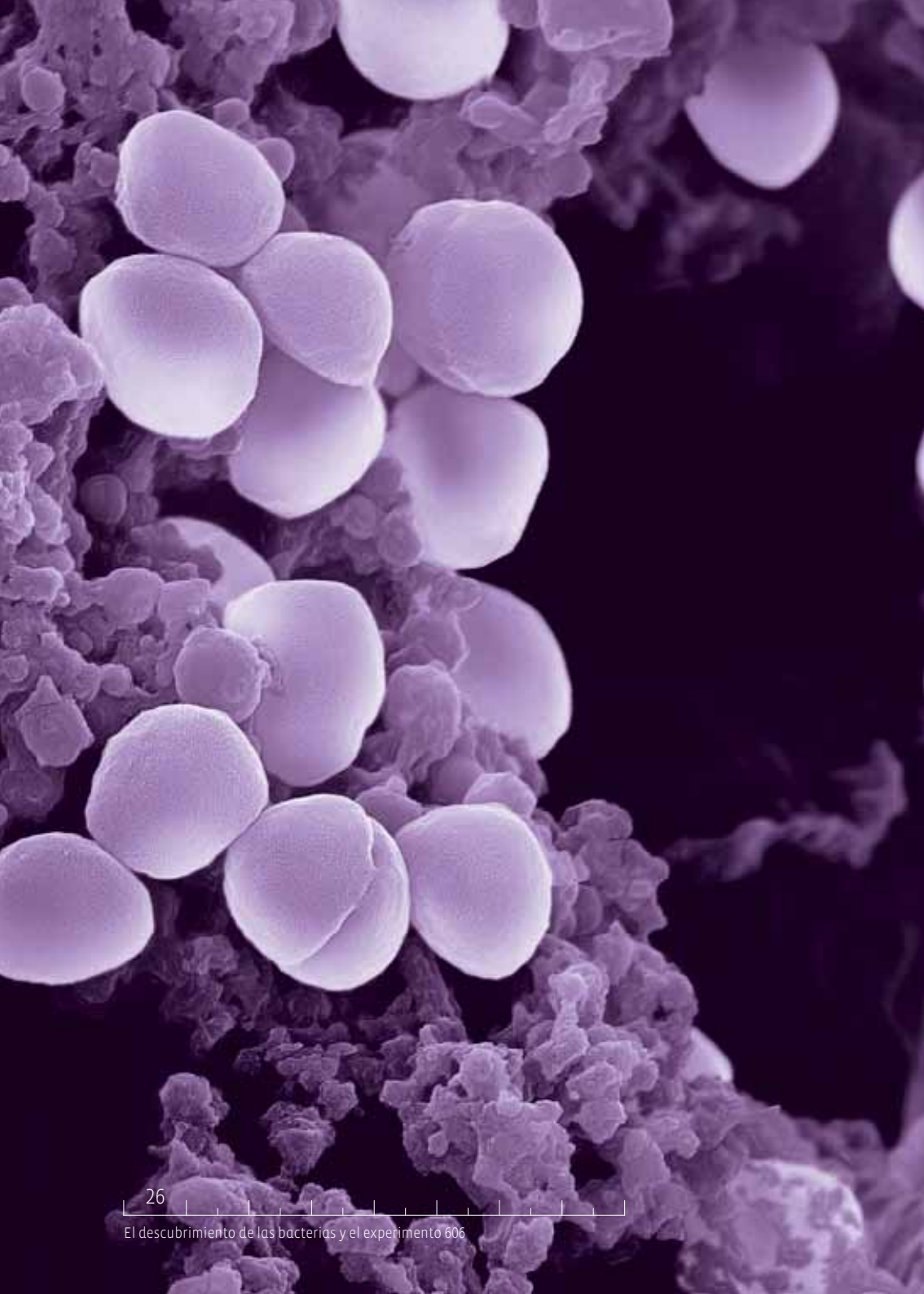
**El  
descubrimiento  
de las bacterias  
y el experimento  
606**

**2**

***capítulo***



**El experimento 606**



## Médicos y microbios

**D**os siglos más tarde, el mundo de Leeuwenhoek y Sydenham ya no existía. Revoluciones, guerras, descubrimientos e inventos lo habían cambiado. Los “animáculos” ya no recibían aquel nombre, ahora eran microbios. Numerosos hombres los estudiaban interesados en la posibilidad de que varios de ellos fuesen responsables de algunas de las más graves enfermedades que afectaban a los seres humanos.

En Francia, Louis Pasteur ayudaba con sus conocimientos sobre los microbios a los productores de vino y cerveza. Con el paso de los años desarrollaría eficaces vacunas para algunas enfermedades de los animales y el hombre, que estaban relacionadas con esos microscópicos organismos.

- Louis Pasteur (1822-1895). Químico francés cuyos trabajos tuvieron una importancia fundamental en el tratamiento de las enfermedades infecciosas. Desarrolló la primera vacuna contra la rabia.



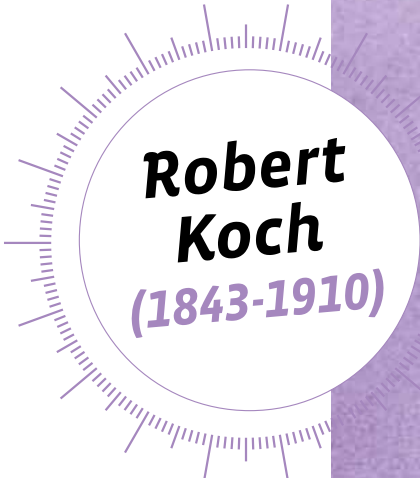
**Louis  
Pasteur**  
(1822-1895)





En Alemania, Robert Koch demostraba por primera vez que una de aquellas diminutas formas de vida, era la responsable de una enfermedad. Koch vivía en un pequeño pueblo donde ejercía como médico. Sus verdaderas pasiones eran su microscopio y la pequeña habitación a la que había convertido en su laboratorio. Como trabajaba en zonas rurales donde se criaba ganado, conocía muy bien una enfermedad, el ántrax o carbunco, que afectaba a vacas, ovejas y, a veces, se transmitía a los seres humanos.

- Robert Koch (1843-1910). Médico alemán que identificó la forma bacteriana responsable de la tuberculosis. Estableció los fundamentos para el aislamiento y cultivo de las bacterias.

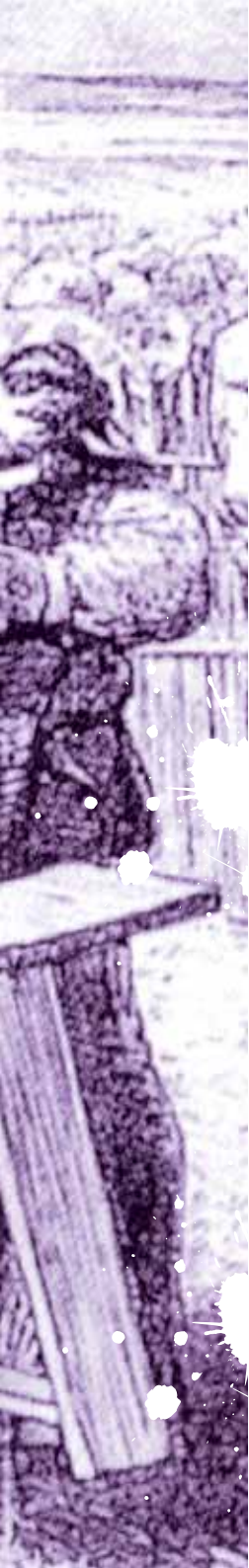


**Robert  
Koch**  
(1843-1910)





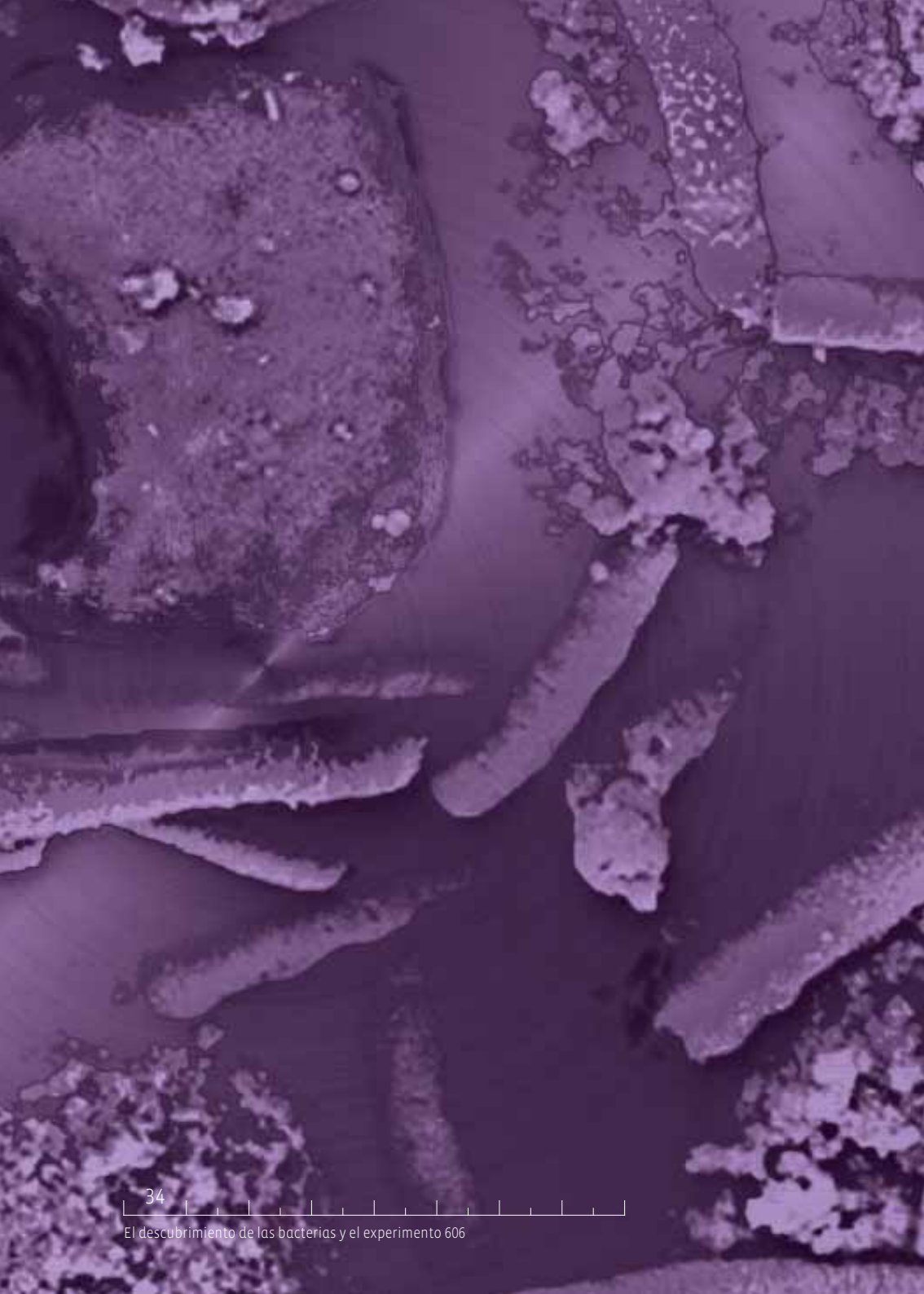




Cierto día bajo las lentes de su preciado microscopio colocó muestras de sangre obtenidas de animales muertos por el carbunco. Detectó unas formas alargadas que, pensó, podrían ser los microbios responsables de la enfermedad. Koch los cultivó de tal forma que, cuando los observó nuevamente al microscopio, vio que eran la única forma de vida presente en sus preparados.

Con una astilla introdujo estas formas bacterianas en ratones que enfermaron de carbunco con los mismos síntomas que las vacas. Aunque no figura en los libros de historia, éste es uno de los grandes logros de los hombres en su aventura por curar y aliviar el sufrimiento: Koch había demostrado por primera vez que una clase particular de bacteria era la causa de una enfermedad.

- Prueba de la vacuna de Pasteur contra el carbunco, realizada en junio de 1881 en la localidad de Pouilly-le-Fort. En esta experiencia se infectó con la bacteria del carbunco a dos grupos de animales. Uno de ellos había sido vacunado previamente, en tanto el otro no. Luego de la inoculación sólo sobrevivieron los animales vacunados.



## La bala mágica

El trabajo sobre el carbunco le permitió a Koch abandonar su improvisado y rústico laboratorio por un lugar bellamente equipado en una hermosa ciudad, muy cerca de Berlín. En el *Departamento Imperial de Sanidad* continuó buscando la causa de numerosas enfermedades junto a otros médicos llegados de diferentes partes del mundo. Uno de ellos, Paul Ehrlich, un compatriota suyo diez años más joven, era tal vez el más extraño de todos. Amaba los colorantes.

- Imagen al microscopio electrónico de células de *Bacillus anthracis*, tipo bacteriano responsable del carbunco.

Sabía que no sólo era importante teñir telas, también creía que era importante hacerlo con los tejidos y órganos de los seres vivos. Estaba convencido que de allí saldría la cura para algunas enfermedades que hacen sufrir a los hombres. Cierta vez, convencido de esta idea, probó con el azul de metileno. Lo inyectó en la sangre de un conejo. El colorante se localizó sólo en el tejido nervioso. No surgió de esta experiencia ninguna cura pero orientó el pensamiento de Ehrlich.







Como por lo general no tenía ideas sensatas, sino algunas un tanto alocadas, se le ocurrió que los colorantes podían ser como balas mágicas que, eligiendo el blanco, como había ocurrido con el tejido nervioso, destruyesen los microbios sin dañar los órganos de las personas.



**Paul  
Ehrlich**  
(1854-1915)

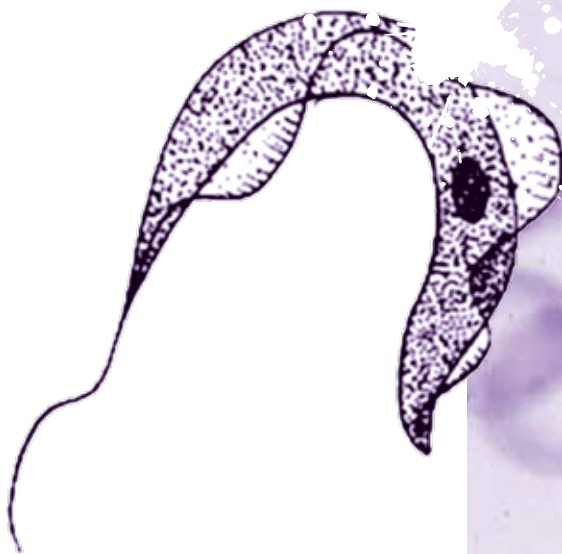


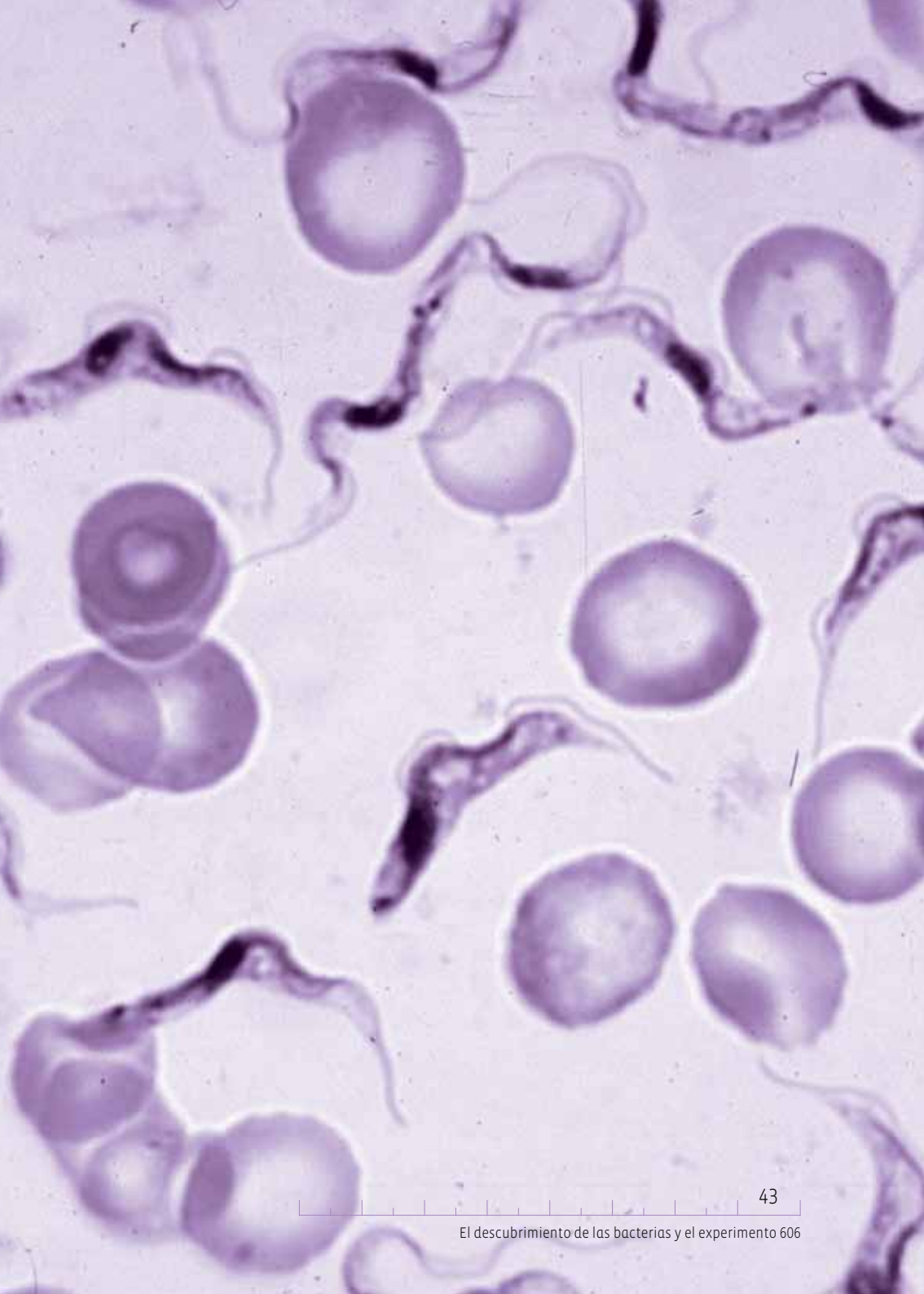




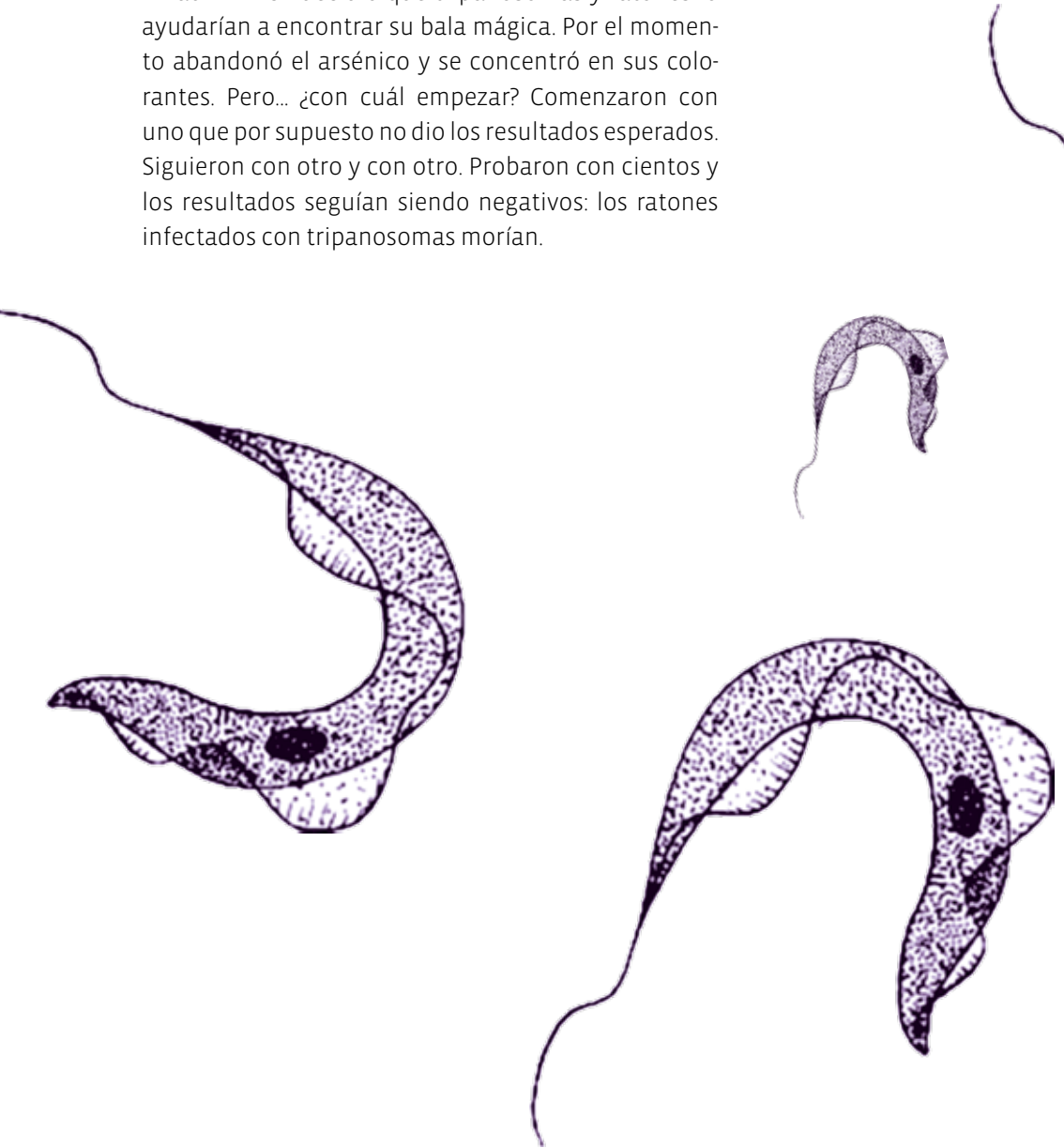
Durante un tiempo el laboratorio del Dr. Koch se vio alborotado por su colega y sus experiencias en la búsqueda de la bala mágica, pero pocos años después, en 1896, Ehrlich se mudó a su propio laboratorio, que por supuesto no era un lugar donde reinase el orden. Compraba libros y revistas científicas que leía con avidez. Su lugar de trabajo estaba prácticamente cubierto por papeles. Sillas y mesadas desaparecían bajo grandes columnas de publicaciones.

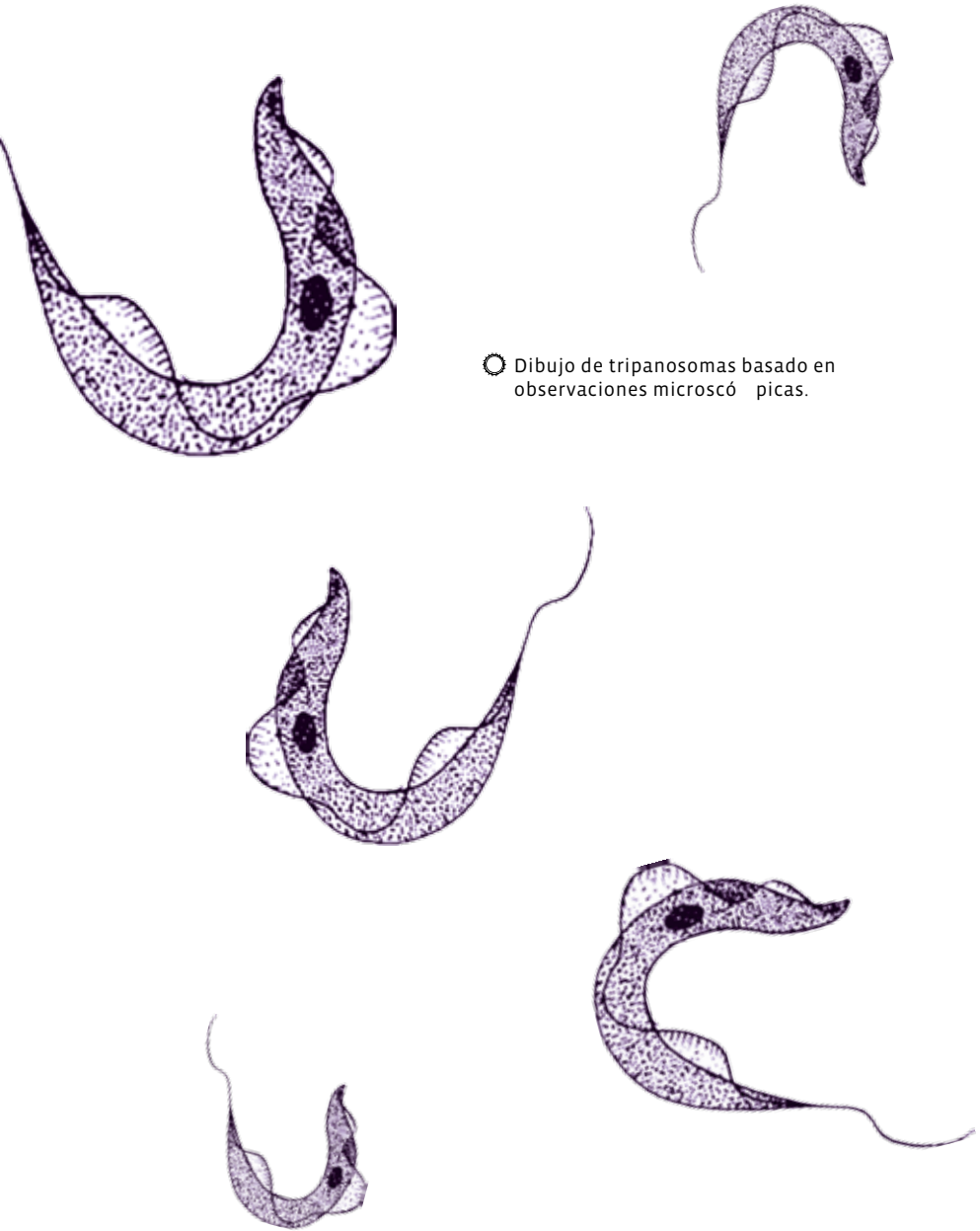
Cierta vez leyó que una clase de tripanosomas, organismos microscópicos muy diferentes de las bacterias, cuando eran inyectados en ratones terminaban produciéndoles la muerte. En el mismo artículo decía también que si se inyectaba debajo de la piel un poco de arsénico, que normalmente es un veneno, se eliminaban muchos tripanosomas aunque no se lograba salvar a los animalitos.





Paul Ehrlich decidió que tripanosomas y ratones lo ayudarían a encontrar su bala mágica. Por el momento abandonó el arsénico y se concentró en sus colorantes. Pero... ¿con cuál empezar? Comenzaron con uno que por supuesto no dio los resultados esperados. Siguió con otro y con otro. Probaron con cientos y los resultados seguían siendo negativos: los ratones infectados con tripanosomas morían.



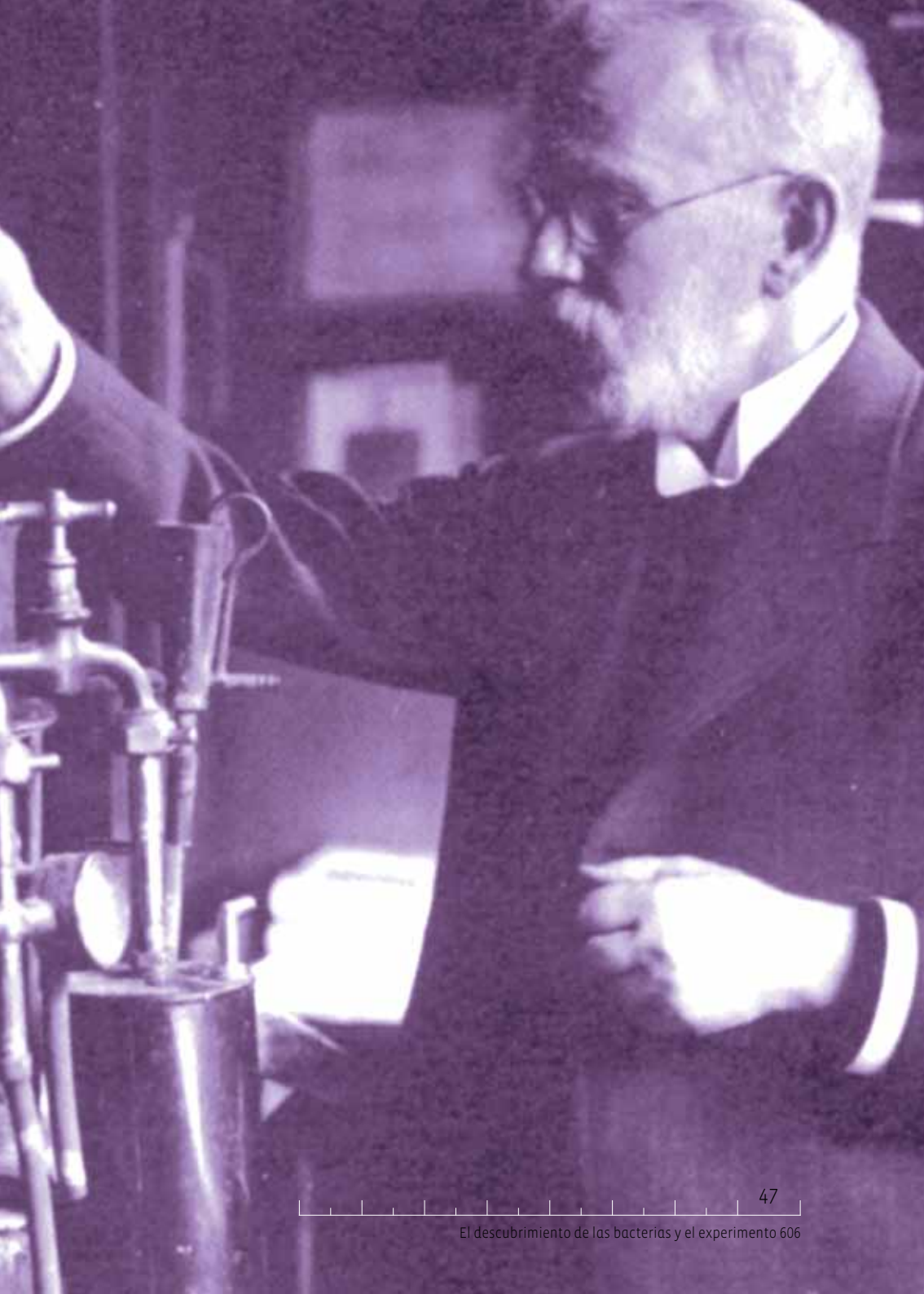


○ Dibujo de tripanosomas basado en observaciones microscópicas.



Ehrlich decidió entonces que había que hacerle ligeras modificaciones químicas a alguno de ellos y volver a probar. Ensayó estas nuevas sustancias y obtuvo una que posibilitó que uno de sus ratones sobreviviese. El colorante se llamó “rojo-tripán” por su color y el efecto sobre los tripanosomas. Pero la suerte es escurridiza y Ehrlich no pudo repetir el resultado de su experimento. Tenía que empezar de nuevo.









## Cientos de experimentos

Ehrlich mudó su laboratorio. Por supuesto que el hecho de haber cambiado de lugar no hizo que el actual estuviese más ordenado. Seguía leyendo y trabajando. La suerte no lo acompañaba pero poco importaba porque no se rendía, trabajaba, leía y buscaba...

Finalmente encontró un escrito que hablaba de una sustancia llamada “atoxil”, que quiere decir no tóxico. Curioso nombre para una sustancia que contiene arsénico y que, se esperaba, fuese nociva para los tripanosomas. Sin embargo, a pesar de afectar a los tripanosomas no podía usarse porque también producía efectos dramáticos sobre los animales de laboratorio.

¿Qué hacer?

¿Había que repetir los mismos procedimientos seguidos con el rojo-tripán?

¿No había llegado el momento de darse por vencido y reconocer que la idea de la bala mágica era una ilusión?  
¿Cuándo debemos aceptar que no podemos resolver un problema o que nuestra estrategia es equivocada?

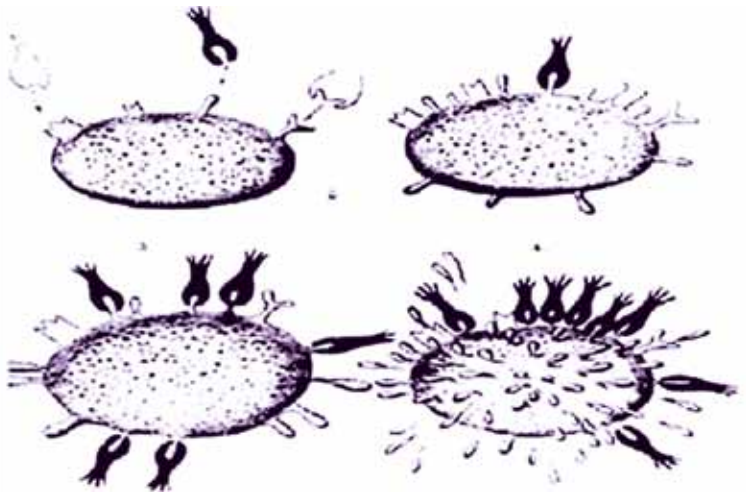
○ El actor Edward G. Robinson como Paul Ehrlich en la película *La Bala mágica del Dr. Ehrlich*.





Ehrlich hubiese contestado: nunca. De manera que volvió a ensayar modificaciones químicas sobre la molécula del atoxil.

Probó la primera modificación. No sirvió. Probó la segunda, la tercera, la décima... tampoco sirvieron. Los derivados del atoxil seguían matando a los animales que tenía que curar. ¿Cuándo debía darse por vencido? Ya sabemos la respuesta: nunca.



○ Dibujo de Paul Ehrlich donde se representan sus ideas sobre el funcionamiento del sistema inmunológico, llamado a veces sistema de defensa.

Llegó así, tras dos años de trabajo, a la experiencia número 605. ¿Cuándo detenerse? Nunca. Realizó entonces el experimento 606. Por primera vez lograba eliminar los tripanosomas de la sangre sin dañar a los ratones. ¿Era el momento de detenerse? Por supuesto que no.





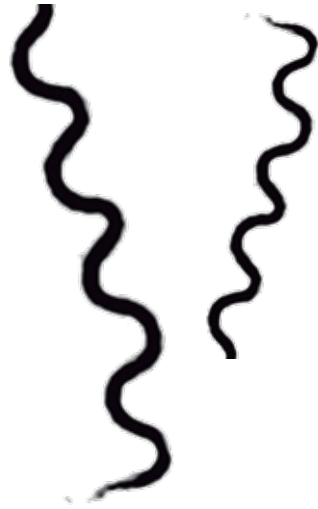


Nuevamente sus lecturas le indicaron el camino. En 1905, un zoólogo alemán de nombre Fritz Schaudinn descubrió el microorganismo que causaba la sífilis, una temible enfermedad para la cual no había cura. Schaudinn escribió y Ehrlich leyó que:

*(...) ese microbio pertenece al reino animal y, por tanto no es como las bacterias; tiene un estrecho parentesco con los tripanosomas.*



**Fritz  
Schaudinn**  
(1871-1906)



○ *Treponema pallidum*, bacteria responsable de la sífilis.

○ Fritz Schaudinn (1871-1906). Zoólogo alemán dedicado al estudio de los organismos unicelulares, conocidos en su época como protozoos







Schaudinn estaba equivocado porque el *Treponema pallidum*, nombre que se le dio a aquel microorganismo, sí es una bacteria y no está relacionado con los tripanosomas. Pero este error estimuló a Ehrlich a ensayar su compuesto en conejos con sífilis.

Sahachiro Hata, ayudante de Ehrlich, se dedicaba al estudio de esta enfermedad. Juntos probaron la solución amarilla, número 606, en conejos infectados, era el 31 de agosto de 1909. Siete años de duro trabajo. Siete años de creer que se estaba en el camino correcto, a pesar de todos los fracasos. Siete años en los que muchos hubiesen reconocido el error de sus ideas. El 606 o Salvarsán, que quiere decir “arsénico que salva”, fue el primer medicamento efectivo contra la sífilis. Es cierto que no siempre curaba. También es cierto que el tratamiento era difícil y que muchas personas murieron por su causa. Pero también es cierto que el experimento 606 abrió el camino para la investigación y desarrollo de nuevos medicamentos contra enfermedades temidas por los seres humanos desde la más temprana antigüedad.



Tiempo después Alexander Fleming, en Inglaterra, descubría la penicilina. Se iniciaba la era de los antibióticos con los cuales la sífilis pudo ser definitivamente curada.

Microscopios, colorantes, papeles. Son muchos los objetos que nos recuerdan a Paul Ehrlich y su bala mágica pero, tal vez, lo más importante sean las dos preguntas que se esconden en cada uno de ellos: ¿cuándo debemos darnos por vencido? ¿cuándo debemos aceptar que no podemos resolver un problema o que nuestra estrategia es equivocada?

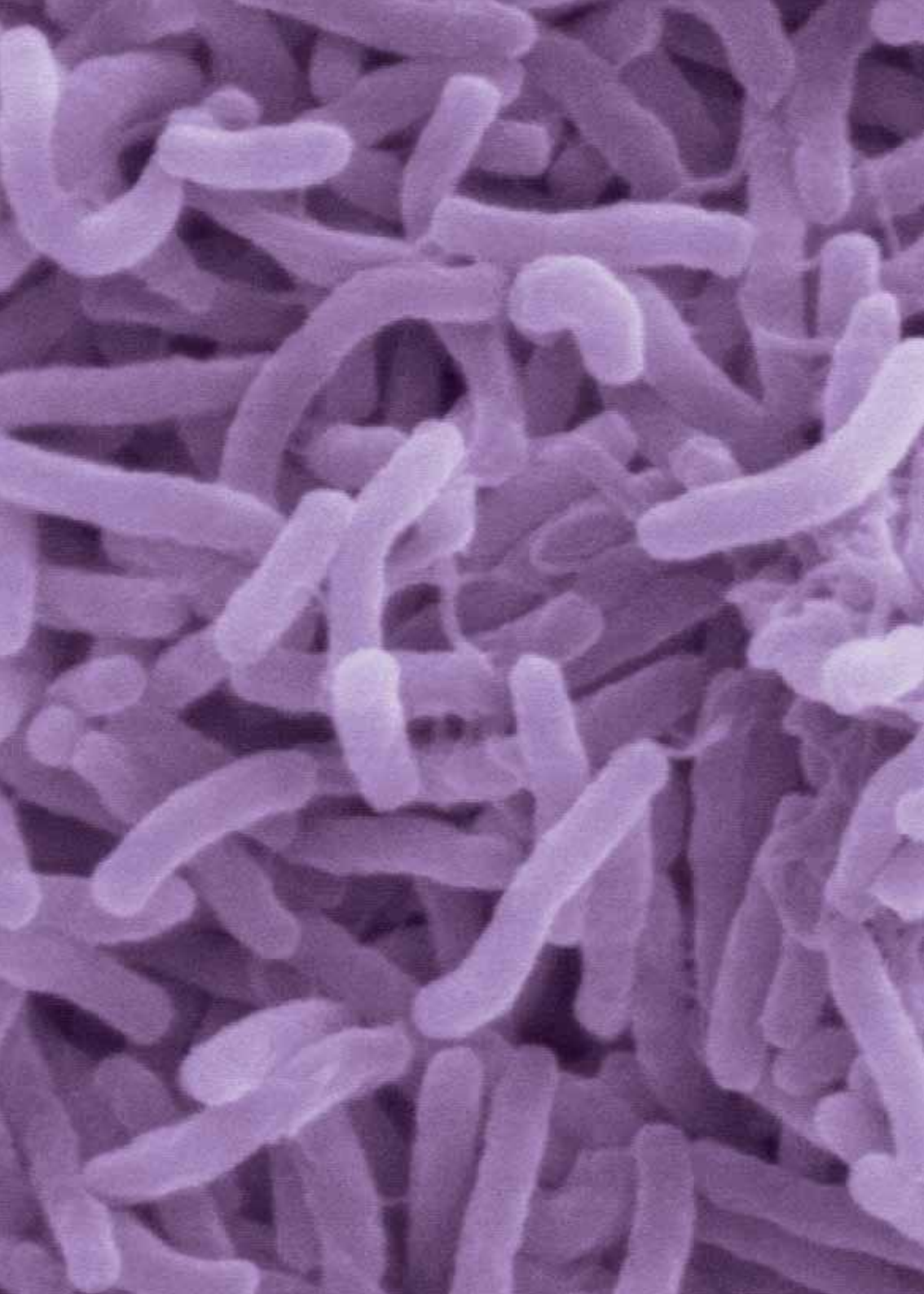
**Alexander  
Fleming  
(1881-1955)**



○ Placa en la que Fleming observó falta de crecimiento bacteriano alrededor de una colonia del hongo *Penicillium*.









# ÍNDICE

|            |    |
|------------|----|
| Capítulo 1 | 5  |
| Capítulo 2 | 25 |







Los libros del Nautilus

Para que los chicos piensen la ciencia

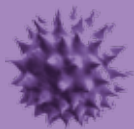
El camino recorrido por la ciencia tiene numerosas encrucijadas, pasos hacia adelante y hacia atrás, sinsabores y logros. Contar un fragmento de su larga historia puede ser una forma de asomarse a los desafíos que enfrentaron los hombres y las mujeres que hicieron de la ciencia un camino posible.

Este libro habla de un experimento y de algunos hombres. Un vendedor de telas aficionado a la fabricación de lentes de aumento, un médico frente a la devastadora peste de Londres, un químico preocupado por las enfermedades y otro médico que transformó un colorante en una bala mágica para destruir microbios.

El experimento 606 tiene una fecha, el 31 de agosto de 1909, y un tenaz responsable, Paul Ehrlich. Pero quizás comenzó en 1673, en la pequeña ciudad de Delft, cuando el tendero de esta historia viendo a través de sus lentes describió a “miles de criaturas vivientes, todas vivas en una diminuta gota de agua”.



*fig: A*



*fig: B*

**ARGENTINA**  
UN PAÍS CON BUENA GENTE



CENTRO CULTURAL  
RECTOR RICARDO ROJAS  
Universidad de Buenos Aires



Ejemplar de distribución gratuita. Prohibida su venta.