

El nacimiento del microscopio

Brian J. Ford
Cardiff University

Resumen

Utilizando el equipo y las técnicas originales el autor re-crea el trabajo de los primeros microscopistas y revela lo que realmente observaron con sus microscopios simples de una sola lente.

Introducción *¡Maravilloso!* fue la palabra que marcó el nacimiento de la biología moderna. El científico sacó cuidadosamente un delgado tubo de vidrio con una pequeña gota de cieno verde de la superficie de un lago y lo pegó con cera en la aguja de su pequeño microscopio de una sola lente. Girando un pequeño tornillo colocó el pequeño tubo cerca de su lente hasta que la imagen se hizo clara y la imagen quedó enfocada. Describió ese momento con las siguientes palabras: “Ví tantos y tan pequeño animalitos, cuyo movimiento era tan rápido, tan variado, hacia arriba, hacia abajo, alrededor, que verlo era maravilloso”. Era el mes de agosto de 1674; había nacido la microbiología.

Cuando Antony van Leeuwenhoek, fabricante de paños en Delft, Holanda, hizo este notable descubrimiento los microscopios ya tenían décadas de existir. Los primeros microscopios consistían de dos lentes; el primer registro escrito de uno de éstos se halla entre 1590 y 1608 en Middelburg, Holanda, donde Zacarías Jansen (fabricante de anteojos), Hans Jansen y Hans Lippershey construyeron un instrumento con dos tubos concéntricos deslizantes y una lente en cada extremo. Tenía un aumento de casi 10 veces del tamaño real y era, en realidad, una versión del ya bien conocido telescopio astronómico. Estos microscopios experimentales, con todo, revelaban delicadas estructuras, figura 2.

A mediados del siglo XVII, los microscopios compuestos (sumamente ornamentados) fueron muy comunes entre los investigadores adinerados. Más que instrumentos científicos eran juguetes recreativos para los aristócratas. Algunos de los más finos fueron hechos en Londres y contruidos de cartulina y madera con un fino recubrimiento de laca. Fue con uno de esos finos instrumentos que Robert Hook vió por primera vez las células vivas en 1663 en unas muestras de musgo. Poco después, ese mismo año, hizo su más famosa observación microscópica con del-



Figura 1: Células epidérmicas de una cebolla vistas con un microscopio simple de Robert Brown (1773–1858). Se ve claramente el núcleo de cada célula con un aumento de 350X



Figura 2: Bacterias del género *Spirillum* vistas con un microscopio simple

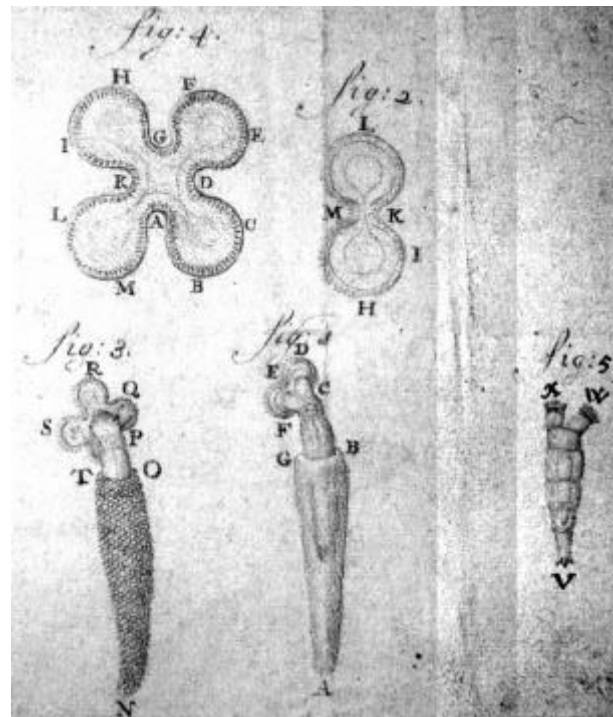


Figura 3: Dibujo detallado hecho por un dibujante de Leeuwenhoek.

gadas secciones de corcho. Hooke nombró a las delicadas cámaras “células”, nombre aún empleado.

Las observaciones de Hooke fueron publicadas en su magnífico libro *Micrographia* en 1665. Este libro contiene bellos y detallados dibujos de insectos, semillas, plumas, hojas, cabellos... y alfileres y otros objetos de uso común. Rápidamente se convirtió en un éxito editorial y tuvo gran influencia. El famoso periodista inglés, Samuel Pepys, había comprado un microscopio cuando trabajaba en la Armada Real, y escribió en su diario que leía y disfrutaba su libro *Micrographia* hasta altas horas de la noche.

El microscopio compuesto había llegado a ser el instrumento más familiar de los gabinetes científicos. Para los primeros microscopistas era cómodo un microscopio compuesto: se colocaba en una mesa y el ocular quedaba a la altura de los ojos, lo cual permitía prolongadas observaciones. Sin embargo, el microscopio de una sola lente fue el que llevó a los descubrimientos fundamentales de la biología moderna. El trabajo de Hooke revela los intrincados detalles de objetos visibles a simple vista; sin embargo, el de Leeuwenhoek inicia la investigación de la vida en el universo microscópico.

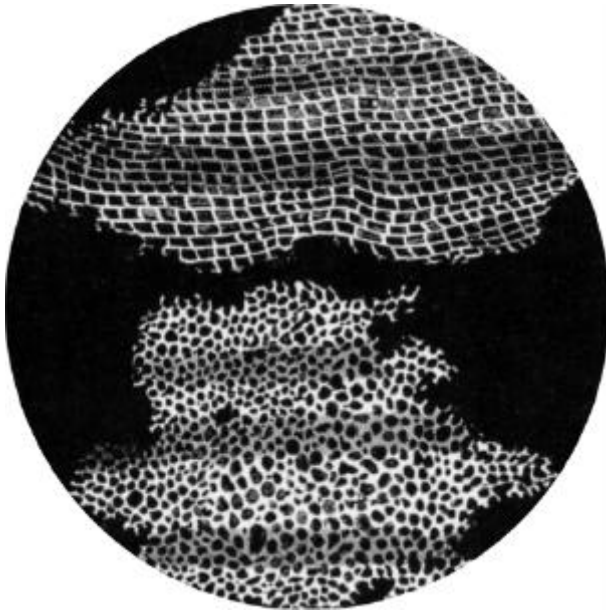


Figura 4: Secciones de corcho de *Micrographia* de Robert Hooke

Al siguiente año de la publicación de *Micrographia*, Leeuwenhoek viajó a Inglaterra por razones comerciales. Sin lugar a dudas vio una copia del libro de Hooke en Londres, con sus detallados grabados de varios géneros textiles. En el prefacio de este libro está un muy poco citado pasaje que da la primera descripción de un microscopio simple. En el diseño de Hooke, una pequeña lente plano-convexa está sujeta entre los orificios de un par de placas metálicas en forma muy semejante al dispositivo de Leeuwenhoek. Los primeros especímenes que éste describió fueron corcho, figura 4 médula REVISAR ELDER PITH y una pluma para escribir, los mismos que Hooke presenta en su libro y en el mismo orden.

Los microscopios simples eran mucho más pequeños que los compuestos pero exigían gran paciencia y habilidad. Las placas del microscopio de Leeuwenhoek que sostenían la lente eran 4.5×2.5 cm, figura 5.

El microscopio completo era de unos 8 cm y debía sostenerse frente a los ojos. Leeuwenhoek construyó más de 500 de estos diminutos instrumentos con los que observó sus “animalculos” (protozoarios y microbios) y células de sangre, de esperma, de plantas, hongos y algas.

Si bien Hooke sabía que los microscopios simples daban imágenes más claras que el compuesto muy pocas veces lo empleó pues encontró que era difícil ajus-

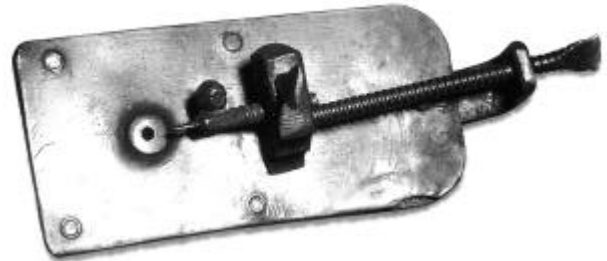


Figura 5: Microscopio de bronce hecho a mano por Leeuwenhoek, 1770

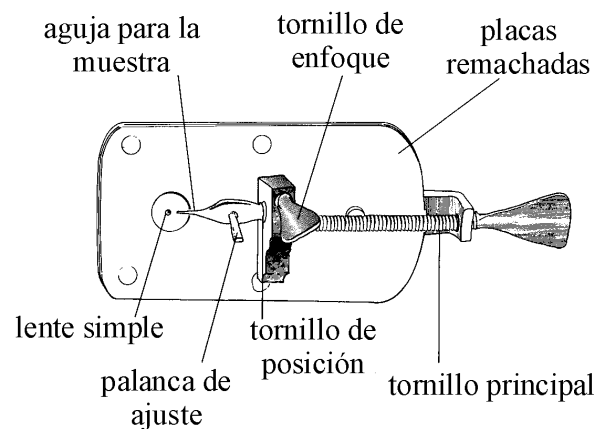


Figura 6: Descripción del microscopio de Leeuwenhoek.

tarlo y muy cansado usarlo. Todavía hoy persiste el equívoco popular acerca de la calidad de imagen de los microscopios simples; sólo los libros más recientes señalan que pueden verse detalles sutiles con ellos.

Los microscopios, a decir verdad, tienen una historia plagada de errores y confusiones; los logros de los microscopistas pioneros, como Leeuwenhoek, han sido menospreciados como si hubieran sido exageraciones suyas o meros golpes de suerte. Pocas personas tienen una idea objetiva de lo que estos primeros científicos pudieron ver realmente. Muchos textos afirman que las imágenes de un microscopio simple son difusas y degradadas por un halo de colores. Por el contrario, producen imágenes de notable claridad. Al parecer los autores de estos libros nunca los han usado y se limitan a perpetuar el mito de una generación de autores de libros de texto a la siguiente.

Es cierto que unos cuantos científicos han logrado obtener imágenes detalladas con un microscopio simple, como lo es también que los técnicos actuales son incapaces de usarlos adecuadamente.

Con los microscopios simples de mucho aumento las imágenes tienen una coloración anómala: la aberración cromática; se debe a la diferente refracción que una lente produce en la luz de diferente longitud de onda. La luz de mayor longitud de onda, esto es, hacia el extremo rojo del espectro de luz visible, se refracta menos que la luz de longitud de onda pequeña (hacia el extremo azul del espectro).

Lo anterior está lejos de ser un problema en la práctica; como muestran las fotografías de este artículo, la aberración cromática no afecta a la claridad esencial de las imágenes. Cuando se usan adecuadamente, los microscopios simples dan excelentes imágenes. De hecho los primeros microscopios compuestos aumentaban a la vez las imágenes y la aberración al extremo que casi toda la historia del microscopio compuesto es la historia de los intentos por evitar la aberración cromática y la aberración esférica. Los microscopios simples fueron menos afectados por este tipo de problemas ópticos por lo que fueron de más importancia para la historia de la microscopía en sus primeros dos siglos.

¿Y qué decir de los especímenes preparados por esos pioneros? También aquí los escritores actuales han perpetrado muchas confusiones. Según un libro: "Ninguna preparación del siglo XVII ha sobrevivido, de donde es muy probable que todas las muestras fueran sólo temporales. El detalle visible en los montajes secos es mínimo, y se preparaban con poca delicadeza". El enunciado anterior es falso en cada una



Figura 7: Especímenes preparados por Leeuwenhoek conservados en la *Royal Society* de Londres.

de sus afirmaciones. En 1981 encontré los primeros especímenes preparados por Leeuwenhoek que, a pesar de todo, habían llegado hasta nuestro tiempo, figura 7.

Con el apoyo de Sir Andrew Huxley, presidente de la *Royal Society* de Londres, tuve acceso a los documentos de Leeuwenhoek y, entre ellos, descubrí nueve paquetes de especímenes, entre ellos, algas, cortes de nervio óptico y secciones de vegetales; todo ese material había permanecido intacto durante tres siglos. Lo mejor de todo era la excepcional calidad de las muestras; de hecho, las muestras de corcho de Leeuwenhoek son mucho mejores que las reproducciones de algunas publicaciones recientes.

Estas imágenes históricas nos permiten recorrer nuevamente los pasos de algunos de los grandes pioneros de la biología moderna y ver lo que ellos vieron. Utilizando sus instrumentos auténticos y con el apoyo de lentes que se ajustan al diseño original he recreado alguna de las observaciones hechas por los primeros microscopistas. Los resultados de estos instrumentos "primitivos" son de extraordinaria calidad y son comparables a los de los microscopios actuales de los laboratorios.

Un pequeño microscopio de Leeuwenhoek revela claramente una bacteria, por ejemplo. La figura 8 es una muestra de sangre vista a través de un microscopio de Leeuwenhoek auténtico que se halla en la Universidad de Utrecht, Holanda; que puedan verse los glóbulos rojos sorprende a muchos científicos, y más notable es el hecho de que el microscopio de Leeuwenhoek revele la forma lobulada del núcleo de los glóbulos blancos, una estructura de 0.002 mm! ¡menor que muchas bacterias!

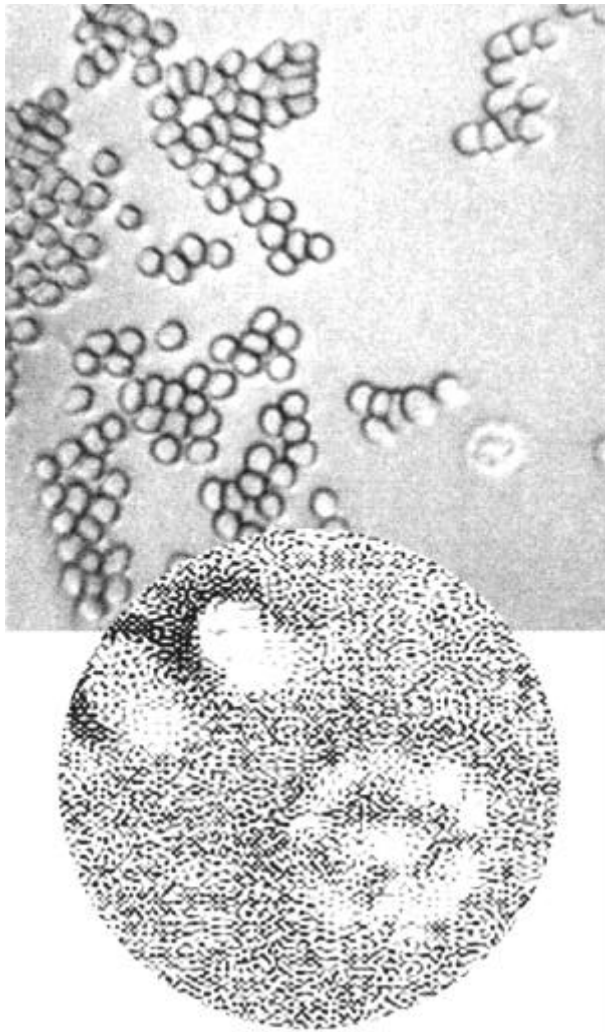


Figura 8: Muestra de sangre con 300X y acercamiento de un leucocito

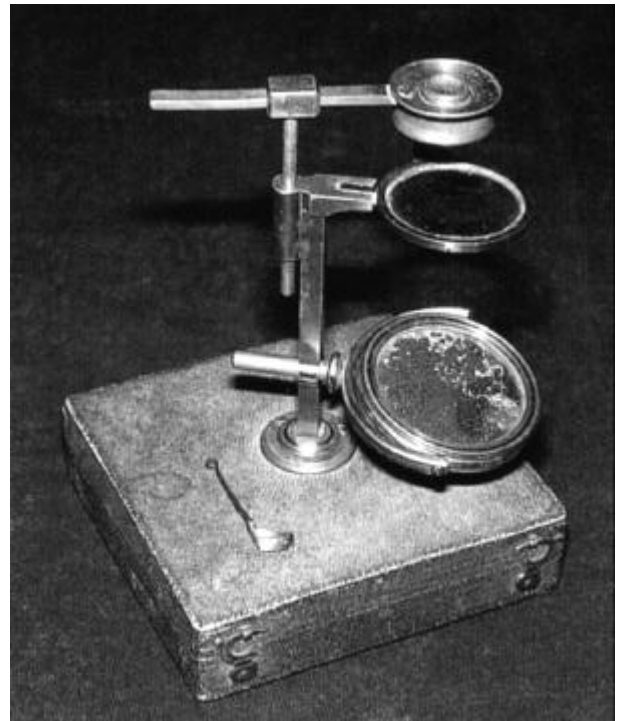


Figura 9: Los estudios de la *Hydra* emplearon el microscopio de John Ellis, también usado por el naturalista sueco Carlos Linneo para definir los principios básicos de género y especie.

Uno de los microscopios simples más populares fue el de barril atornillado, un instrumento cilíndrico que se mantenía a la altura de los ojos. Consistía de una lente simple montada en un disco circular que giraba en las estrías del barril principal. Los especímenes se colocaban en pequeñas placas de hueso o marfil horadadas y soportadas entre discos de mica transparente. Una abertura lateral del barril permitía colocar la muestra. El enfoque se lograba por medio de la rosca en el extremo del barril opuesto a la lente al acercar o alejar el espécimen. Este tipo de microscopio era fácil de construir y era resistente, sin embargo no todas las muestras podían observarse en él. Al inicio del siglo XVIII los microscopios simples habían sido un instrumento valioso para el estudio de la cnidaria de agua dulce *Hydra*, figura 9, descrita por primera vez en 1702 por Leeuwenhoek. Abraham Trembley, filósofo natural suizo, experimentó con injertos y la regeneración de la *Hydra* de forma que el pequeño pólipo se hizo un objeto popular para el estudio microscópico; acomodar el delicado organismo, por ejemplo, para que sus tentáculos respondieran a las más ligeras vibraciones, presentaba serios retos a los microscopistas. Esta clase de trabajo demandaba un nuevo tipo de ins-



Figura 10: Microscopio fabricado por *Bancks and Son* utilizado por R. Brown.

trumento; el resultado fue el microscopio diseñado por el óptico inglés John Cuff: un instrumento de mesa con un vidrio reloj contenía el espécimen en agua, el vidrio descansaba en una plataforma circular y la lente se colocaba en foco con un brazo transversal. Éste fue el tipo de microscopio usado por el botánico sueco Carlos Linneo y que tuvo el privilegio de emplear en Uppsala, Suecia.

Al comienzo del siglo XIX, el joven cirujano escocés Robert Brown utilizó un diseño mejorado del microscopio descrito para estudiar el tejido de las plantas, figura 10 y 11.

Brown había viajado a Australia en busca de nuevas plantas; estaba fascinado por los mecanismos reproductivos de éstas y empleó mucho tiempo en el estudio de las orquídeas. Al observar la estructura fina de las células descubrió una característica común a todas: “En cada célula de la epidermis... puede observarse una sencilla aureola circular, generalmente más opaca que la membrana de la célula”, figura 12.

Estimulado por su descubrimiento, nuevamente hizo observaciones de otras familias de plantas. Brown encontró que esta nueva estructura era común a las células de muchos organismos, identificó una las características fundamentales de todas las células vivas *el núcleo* como lo nombró en 1828.

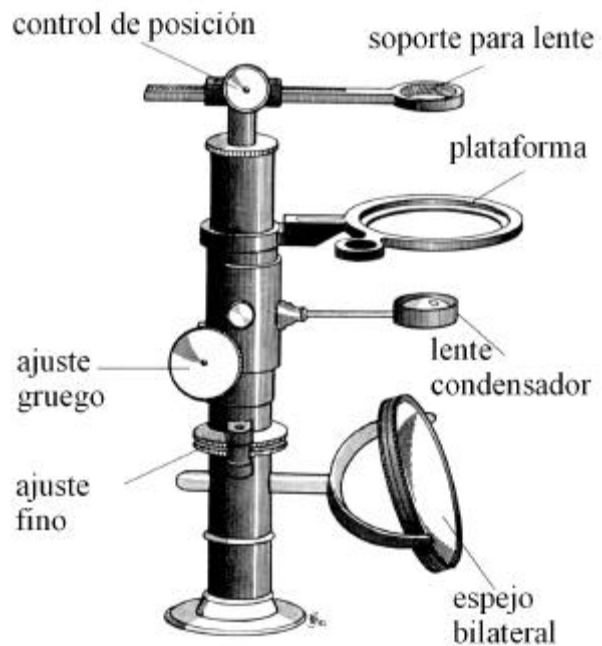


Figura 11: Esquema del microscopio de *Bancks and Son*.

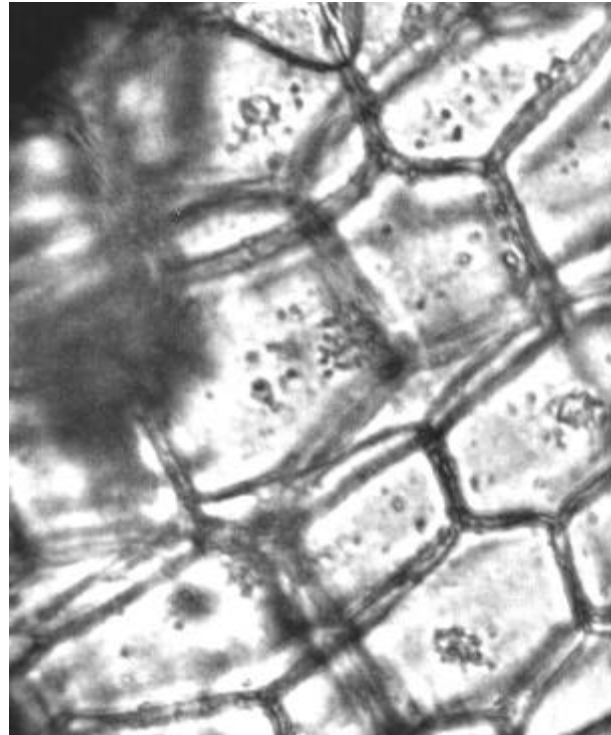


Figura 12: Tejido de una orquídea con 525X visto con un microscopio de Brown.



Figura 13: Muestra original de Leeuwenhoek de médula ELDER PITH *Sambucus* vista con un microscopio de él mismo.

Ciertamente no fue Brown el primero en observar el núcleo de las células. Leeuwenhoek también lo hizo al observar las células sanguíneas de un pez, pero no reconoció su amplia distribución en la naturaleza, figuras 13 y 14; también observó el incesante y azaroso movimiento de las pequeñas partículas suspendidas en los fluidos. En 1827 hizo un estudio sistemático de este fenómeno y mostró que ocurre tanto materia inanimada como en células vivas. Fue exhaustivamente investigado por Albert Einstein en 1905 y hoy se conoce al fenómeno como *movimiento browniano* el cual resulta del bombardeo irregular de las moléculas del fluido sobre las partículas suspendidas.

Puesto que Leeuwenhoek y Brown hicieron sus observaciones con microscopios simples muchos investigadores dudaban de su veracidad. A Leeuwenhoek se le calificaba como “un diletante de una muy fértil

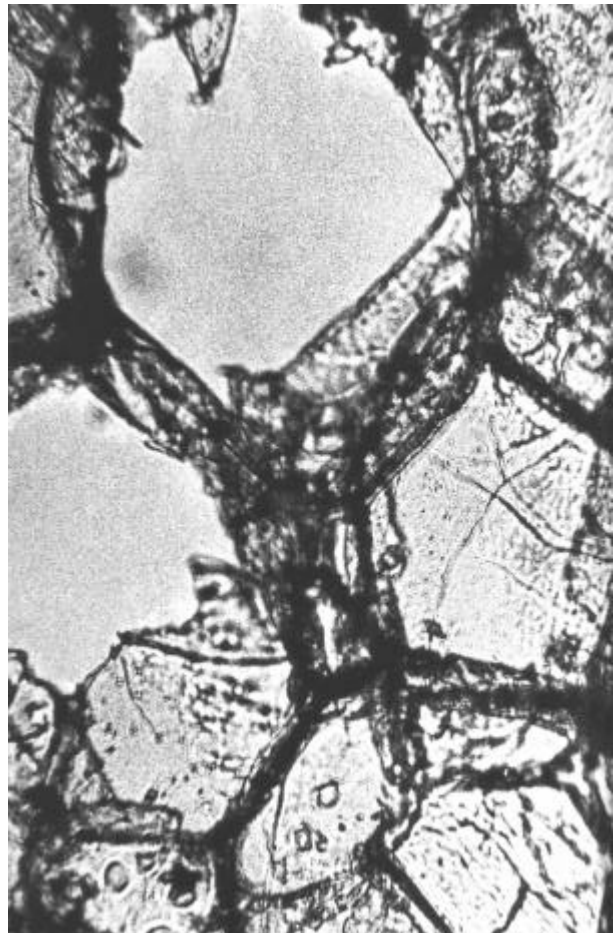


Figura 14: Vista de la muestra de la figura 13 con un moderno microscopio Leitz.

imaginación”. También se dudaba de la competencia de Brown para observar el movimiento que hoy lleva su nombre. Muchos textos afirman que Brown sólo observó el movimiento de los granos de polen cuando, en realidad, observó el movimiento de partículas más finas dentro de los granos de polen. Una reciente evaluación del microscopio de Brown concluyó que pudo ser útil para disecciones aunque difícilmente habría permitido observar estructuras tan pequeñas como el núcleo. Por el contrario, utilizando el microscopio original de Brown (preservado en la Sociedad Linneana de Londres) y repitiendo sus experimentos, pude observar el núcleo de la célula y, además, el movimiento browniano. Las publicaciones referentes a las limitaciones de este microscopio se deben, muy probablemente, a un uso inadecuado del instrumento pues ajustado correctamente da imágenes sumamente nítidas. Debo subrayar que ninguna de las fotografías de este ensayo ha sido retocada.

La era de la biología moderna, fundamentada en el conocimiento de la célula, no resultó exclusivamente de los microscopios compuestos del siglo XIX con sus novedosas lentes acromáticas (las que corregían la aberración cromática). Los descubrimientos clave fueron hechos con microscopios simples. A decir verdad, muchos de éstos pudieron lograrse sin nada más que microscopios como el de Leeuwenhoek desde 1600.

Los microscopios simples de los siglos XVIII y XIX están hechos de bronce y tienen muy bellos acabados. Una de las compañías fabricantes más exitosas fue la *Bancks and Son*. Esta firma es, sin embargo, poco mencionada por los historiadores de la ciencia; sólo conservamos unos cuantos catálogos de sus productos. Pero es incuestionable que fueron muy utilizados; Brown usaba un microscopio de *Bancks and Son*, igual hizo Charles Darwin. También suministró uno al Príncipe de Gales que llegaría a ser Jorge IV de Gran Bretaña.

La falta de interés por los productos de *Bancks and Son* es un resultado del desinterés por los microscopios simples como instrumentos de investigación sería.

El más extraordinario jamás elaborado fue hecho en 1760 para Jorge III de Gran Bretaña por George Adams, figura 15; tiene como accesorio un microscopio compuesto pero es, básicamente, un microscopio simple. Con su barroca construcción y sobrecargados ornamentos góticos es un inolvidable objeto de arte así como un instrumento científico.

Quizás el microscopio simple más desarrollado es uno de bolsillo fabricado por John Dollond en 1830, figura 16; tiene muchas de las características de los ins-



Figura 15: Microscopio del rey Jorge III, 1760



Figura 16: Microscopio hecho por John Dollond, es menor que una cajetilla de cigarros y fue usado por Robert Brown.

trumentos modernos: un plataforma que permite rotar al espécimen, desplazarlo de un lado a otro, o elevarlo o bajarlo en el campo visual. El microscopio también está equipado con un control fino de enfoque cerca de la base del tubo principal y una serie de lentes intercambiables, cada una montada en una plaquita. Su lente más potente aumenta los objetos 480 veces su tamaño real. Desafortunadamente se ha perdido; sin embargo es de suponer que podían llegar a 800 aumentos.

Los microscopios simples fueron muy populares durante más tiempo del que los historiadores imaginaron. Aunque en 1830 se introdujeron los microscopios compuestos con lentes acromáticas, en 1820 Darwin utilizaba un microscopio semejante al de Robert Brown, figura 16 y en 1848 aún usaba un microscopio simple, figuras 17 a 19. En 1862 ganó un premio importante el diseño de Field de un microscopio simple.

Los microscopios ópticos de hoy son descendientes directos de los instrumentos acromáticos victorianos. El microscopio compuesto del siglo XVII, con sus tubos deslizantes, plataforma nivelada y pilar terminó por morir. Cuando nació el microscopio compuesto acromático se instaló en el mismo montaje de los microscopios Bancks; este nuevo diseño tenía una columna principal con los controles de enfoque, una plataforma para los especímenes, un brazo transversal para componentes óptico, un espejo bilateral y un lente condensador para dirigir la luz a través de la muestra. Algunos de los modelos más elaborados del siglo XIX, como el Dollond, tenían una plataforma mecánica.

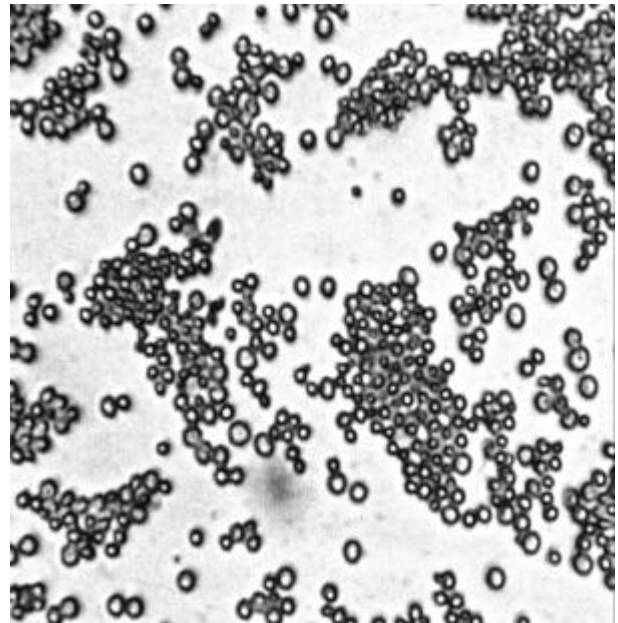


Figura 17: Levadura de cerveza con un microscopio simple 120X de Robert Brown.

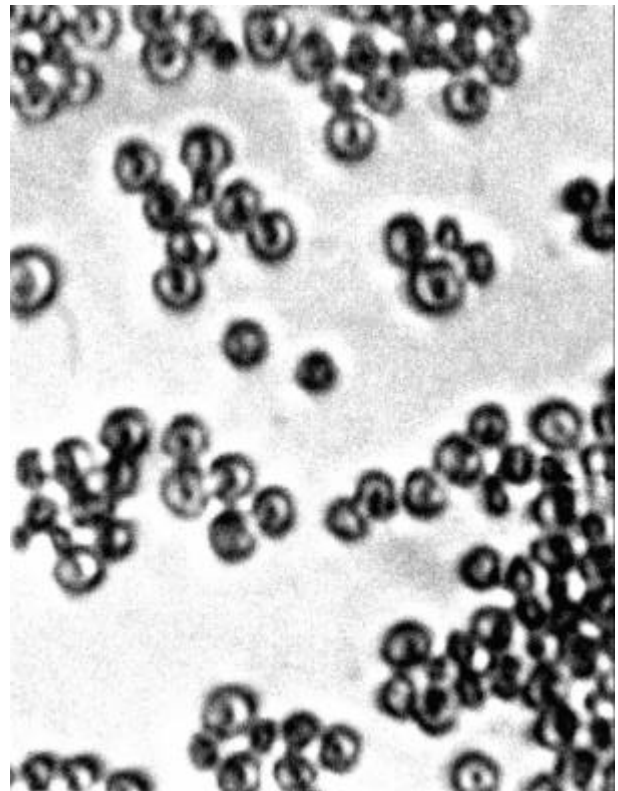


Figura 18: Levadura de cerveza, 325X con microscopio simple de R. Brown.

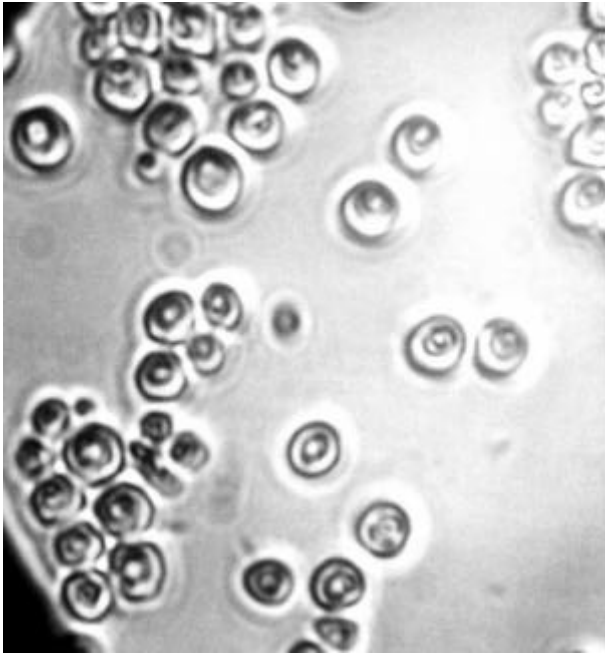


Figura 19: Levadura de cerveza, 750X, con un microscopio de Leeuwenhoek.

Los microscopios modernos incluyen algunas características de los primeros modelos y son un recordatorio de que el trabajo de los pioneros aún vive, si bien como reencarnaciones más desarrolladas, en los laboratorios del nuevo milenio.

CS

Hay muchos problemas de álgebra elemental que tienen una larga historia. Uno de ellos es el del tanque que se llena con dos tuberías de diferente caudal. La primera referencia se halla en la *Metrica* de Heron (100 e.c.), en Diofanto (275 e.c.), en los epigramas de Metrodorus (500 e.c.) para ser del dominio público de Occidente y Oriente cerca del siglo IX.

Con la imprenta el problema del tanque o cisterna fue “caballito de batalla” de Tonstall (1522), Frisius (1540) y Recorde (1540).”

El problema trata una situación común en los países del Mediterráneo, pero ha sufrido cambios. Al iniciar el siglo XV encontramos variantes con un león, un perro, un zorro y otros animales que comen una oveja. En el siglo XVI se trata de un hombre que construye un muro o una casa:

“¿Si Juan levanta un muro igual en 4 días y Pedro en tres días ¿cuánto tiempo les llevará levantar el muro juntos?”

En una obra de Frisius (1540) el problema tiene tintes domésticos:

“Un hombre bebe un barril de vino en 20 días. Cuando lo bebe junto con su mujer les dura 14 días. ¿Cuánto tiempo le durará el barril a la mujer sola?”

Con el auge del comercio es explicable que el problema tomara nuevas formas:

“Un barco con tres velas emplea dos semanas en un viaje usando sólo la vela mayor. Con la vela mediana tarda 3 semanas y con la vela menor 4 semanas. ¿Cuánto tiempo tarda si usa las tres velas? En esta versión el problema ignora que la velocidad de un barco no es proporcional a la superficie de velamen.”

Probablemente el clímax del absurdo lo alcanzó otro autor con la siguiente versión:

“Si un sacerdote puede sacar un alma del purgatorio rezando 5 horas, mientras que otro necesita 8 horas ¿cuánto tiempo necesitarán si rezan juntos?”