

CONSTRUCCIÓN Y USO DE RÉPLICAS DEL MICROSCOPIO DE LEEWUENHOEK COMO ESTRATEGIA PARA MOTIVAR A LOS ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA AL DESCUBRIMIENTO Y ESTUDIO DEL MUNDO MICROSCÓPICO

CONSTRUCTION AND USE OF REPLICAS OF LEEWUENHOEK'S MICROSCOPE AS A STRATEGY TO MOTIVATE THE ESTUDENTS OF PRIMARY AND SECONDARY EDUCATION TO THE DISCOVERY AND STUDY THE MICROSCOPIC WORLD

Floreia Trujillo de Vallejo^{1*} y Gustavo Adolfo Vallejo²

-
- ¹. Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo. Ibagué, Tolima- Colombia. E-mail: florelia_trujillo@hotmail.com.
 - ². Laboratorio de Investigaciones en Parasitología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima- Colombia. E-mail: gvallejo@ut.edu.co.

Recibido: Agosto 31 de 2012

Aceptado: Octubre 10 de 2012

*Correspondencia del autor. Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo. Calle 30ª No. 4-65, Barrio La Francia. Ibagué, Tolima. E-mail: florelia_trujillo@hotmail.com.

RESUMEN

El desarrollo del microscopio de Leeuwenhoek en el siglo XVII marcó un hito en la historia de la Ciencia, pues por primera vez, el hombre adquirió conciencia de la existencia del maravilloso mundo microscópico y de la célula como unidad básica de los seres vivos. Este sencillo instrumento, puede ser utilizado exitosamente, aún en ausencia de microscopios modernos, como estrategia didáctica en la educación primaria o secundaria para la enseñanza de los siguientes módulos: 1) Naturaleza e historia de la Ciencia, 2) Características de las células animales y vegetales, 3) Diversidad de microorganismos como protozoos, algas unicelulares, algas filamentosas, hongos filamentosos, 4) Anatomía de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, 5) Anatomía de pequeños invertebrados, rotíferos, nematodos e insectos. Esta estrategia fue utilizada con 100 estudiantes de los grados 10° y 11° de la Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo de la ciudad de Ibagué, quienes, bajo nuestra orientación, fabricaron 25 réplicas del microscopio de Leeuwenhoek con material acrílico y lentes desechables de apuntadores laser y de lectores de CD y DVD. Las réplicas se aplicaron al desarrollo de los módulos anteriormente descritos. Se discuten las ventajas de esta estrategia didáctica, pues la fabricación de las réplicas del microscopio de Leeuwenhoek permitió a los estudiantes entender los conceptos de innovación tecnológica para generar instrumentos que podrían ser utilizados en ausencia de microscopios compuestos en una institución educativa. Esta estrategia didáctica generó en los estudiantes un enorme entusiasmo por el mundo microscópico, que podría inclinarlos hacia carreras relacionadas con las ciencias biológicas y biomédicas.

Palabras clave: Microscopio de Leeuwenhoek, Historia de la Ciencias, Didáctica de las Ciencias, Microbiología.

ABSTRACT

The development of Leeuwenhoek's microscope in the 17th century marked a milestone in the history of the Science, because for the first time, the man acquired conscience of the existence of the wonderful microscopic world and the cell as a basic unit of the living beings. This simple instrument can be used successfully, still in absence of modern microscopes, as a didactic strategy in the primary or secondary education for studying the following modules: 1) Nature and history of the Science, 2) Characteristics of the animal and vegetable cells, 3) Diversity of micro-organisms: protozoans, single-cell algae, filamentous algae, filamentous fungi, 4) Anatomy of monocotyledonous and dicotyledonous plants 5) Anatomy of small invertebrates: rotifers, nematodes and insects. This strategy was used with 100 students of the 10° and 11° degrees of the Educational Institution Alberto Santofimio Caicedo of Ibagué's city, who, under our orientation, made 25 replicas of Leeuwenhoek's microscope using acrylic material and disposable lenses of laser pointers and of CD and DVD drivers. The replicas were applied to study the modules previously described. We discussed the advantages of this didactic strategy, because the manufacture of the replicas of Leeuwenhoek's microscope allowed to the students to understand the concepts of technological innovation to produce instruments that might be used in absence of composed microscopes in an educational institution. This didactic strategy generated in the students an enormous enthusiasm for the microscopic world, which might incline them towards careers related to the biological and biomedical sciences.

Key words: Leeuwenhoek's microscope, History of the Sciences, Didactics of the Sciences, Microbiology.

INTRODUCCIÓN

El uso de microscopios para la enseñanza de la morfología y diversidad celular de animales y vegetales en la educación primaria o secundaria, se dificulta porque la mayoría de las instituciones educativas carecen de los equipos apropiados, o cuando ellos existen son insuficientes para atender grupos numerosos de estudiantes o en muchos casos la falta de cuidado y mantenimiento de los equipos determina que en muy poco tiempo los microscopios queden fuera de servicio. En muchas instituciones educativas, los estudiantes de educación primaria y secundaria reconocen los microscopios cuyas fotografías aparecen en los textos de ciencias o de biología pero nunca han tenido la experiencia de observar en la práctica las estructuras microscópicas, las células y los microorganismos.

Los primeros microscopios compuestos, consistentes en dos tubos concéntricos deslizantes y una lente en cada extremo fueron fabricados entre 1590 y 1608 por Zacarías Jansen, Hans Jansen y Hans Lippershey en Middelburg (Holanda). Con el paso de los años estos microscopios fueron mejorando en diseño y calidad, de manera que a mediados del siglo XVII eran aparatos muy ornamentados y de uso común como juguetes entre la aristocracia europea. Fue en uno de estos instrumentos, fabricado en Londres, que Robert Hooke observó por primera vez en 1663 células vivas de musgos y en ese mismo año hizo la famosa observación microscópi-

ca de cortes de corcho denominando "células" a las celdas o cámaras rodeadas de paredes de celulosa. Robert Hook publicó detallados dibujos de insectos, cabellos, hojas, plumas y otras estructuras en su libro "Micrographia" en 1665 (1).

Cuando Leeuwenhoek comenzó a fabricar sus microscopios simples de una sola lente, los microscopios compuestos, de dos lentes, ya tenían décadas de estar funcionando. El mérito de Leeuwenhoek, fue su dedicación a fabricar un número elevado de microscopios simples y su continua comunicación científica con la Royal Society de Londres. Además los microscopios de Leeuwenhoek presentaron durante cerca de dos siglos una asombrosa magnificación sin presentar aberraciones ópticas o cromáticas, problemas que si se presentaban con los microscopios compuestos de la época. La mayoría de los microscopios de Leeuwenhoek lograron aumentos entre 25X y 250X, sin embargo para la descripción de las bacterias, se estima que debió utilizar aumentos de 500X (2). Otro mérito de Leeuwenhoek fue haber establecido comunicación epistolar con la Royal Society de Londres, a quien envió detalladas descripciones de sus observaciones. Leeuwenhoek escribió 190 cartas (3). La primera carta fue enviada en abril de 1673 y la última en agosto de 1723, siendo este un ejemplo exitoso de comunicación científica. Fueron 50 años de observaciones, dibujos, descripciones y comunicaciones a través de misivas, publicadas por la Royal Society que permiten catalogar a Leeuwenhoek como uno de

los científicos más importantes de la segunda mitad del siglo XVII y comienzos del siglo XVIII, siendo actualmente considerado el padre de la microbiología y de la protozoología, que abrió las puertas hacia la biología moderna. Durante cerca de 60 años de observaciones microscópicas, Leeuwenhoek fabricó alrededor de 250 microscopios, varios de ellos fueron donados a museos y a personas particulares y otros subastados en Holanda en 1747, 24 años después de su muerte. En la Royal Society de Inglaterra, actualmente solo se conservan 26 microscopios originales (4).

Cada vez hay mayor número de expertos en didáctica de las Ciencias que señalan la importancia de la Historia y la Filosofía de las Ciencias en la enseñanza de las Ciencias (5, 6, 7). Por lo anterior, nosotros proponemos el uso de réplicas del microscopio de Leeuwenhoek para el conocimiento de la historia de la Ciencia y para utilizar este sencillo aparato en el desarrollo del conocimiento de la microbiología, en especial en las instituciones educativas que carecen de microscopios convencionales. En el presente trabajo, la estrategia fue utilizada con 100 estudiantes de la Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo de la ciudad de Ibagué, quienes, bajo nuestra orientación, fabricaron réplicas del microscopio de Leeuwenhoek con material acrílico y lentes desechables de apuntadores laser y de lectores de CD y DVD. Se discuten y analizan las ventajas de esta estrategia didáctica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Varios autores proponen el uso del microscopio de Leeuwenhoek como estrategia didáctica en la enseñanza de la Historia de la Ciencia (8, 9, 10, 11, 12, 13). Siguiendo la metodología descrita por Sepel et al., 2009 (8), con algunas modificaciones propuestas por los autores del presente artículo se procedió a construir 25 réplicas del microscopio de Leeuwenhoek con los estudiantes de los grados 10° y 11° de la Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo de la ciudad de Ibagué.

Indagación de experiencias previas en microscopía.

Con la finalidad de conocer la experiencia de los estudiantes en el uso de microscopios para la observación de estructuras microscópicas en los cursos previos de biología, se efectuó una encuesta en la que también se indagaba sobre nivel de conocimiento de la historia de los microscopios simples y compuestos.

Inducción de los estudiantes al estudio de la historia del microscopio de Leeuwenhoek y del microscopio de Robert Hook. Para estimular a los estudiantes hacia la fabricación de un modelo de microscopio simple de Leeuwenhoek, se les solicitó buscar información a través de internet y a través de otras fuentes, sobre la historia del microscopio para ser presentada por grupos a todos los estudiantes de la clase. A partir de esta etapa, los estudiantes se dividieron en grupos de 4 estudiantes cada uno para realizar la construcción de réplicas del microscopio de Leeuwenhoek.

Materiales utilizados para construir una réplica del microscopio de Leeuwenhoek (Adaptado a partir de Sepel et al., 2009).

1. Dos láminas de acrílico transparente, una de 15 cm x 15 cm x 3mm y otra de 3 cm x 10 cm x 10mm.
2. La lente de un apuntador laser desechable o de un lector de CD o DVD desechables.
3. Dos ml de cloroformo o de cloruro de metilo industrial, para ser utilizado como pegante.
4. Dos tornillos de 3,5 mm x 7 cm con sus respectivas tuercas.
5. Dos tuercas mariposa que se adapten a los tornillos.
6. Soldadura epóxica instantánea.
7. Sierra para corte de láminas de acrílico.
8. Taladro eléctrico con brocas de diferentes diámetros.
9. Un minicaimán o miniterminal eléctrico dentado.
10. Dos cm de alambre de plomo de 2mm de diámetro.
11. Dos agujas o alfileres.
12. Una Tarjeta de crédito de plástico desechable o una lámina de plástico de espesor similar.
13. Una hoja de acetato transparente.
14. Un par de guantes de látex.

Construcción de una réplica del microscopio de Leeuwenhoek

Corte de las piezas

Utilizando una sierra para corte de las láminas de acrílico transparente, se procedió a cortar 13 piezas cuyas dimensiones aparecen en la Figura 1. Estas piezas se cortaron en un taller especializado en corte de acrílico para avisos, recipientes, acuarios, llaveros, bocelería, lámparas para carros, etc. de la ciudad de Ibagué.

Montaje del sistema de enfoque

Se tomaron dos piezas F, con un taladro eléctrico, se hizo un hueco de 4 mm de diámetro a través de toda la pieza. Se cambió por una broca de 8 mm de diámetro y se agrandó el hueco por un extremo hasta la mitad de la pieza (Figura 1, F). En el hueco de 8 mm se alojó la cabeza del tornillo o la tuerca.

Las dos piezas F se atravesaron con un tornillo de manera que la cabeza del tornillo quedó alojada en uno de los orificios de 8 mm de una pieza F y el otro hueco de

8 mm quedó orientado hacia el extremo del tornillo en donde se alojó la tuerca, la cual quedó fijamente pegada con soldadura epóxica (Figura 2.1). Una pieza D de 3 cm, se pegó con cloroformo o con cloruro de metilo a la pieza F que contiene la cabeza del tornillo. Se tuvo cuidado para que la pieza D no se pegara a la otra pieza F que contiene la tuerca, pues esta segunda pieza F se debe mover libremente hacia adelante o hacia atrás (Figura 2.2).

La segunda pieza D (Figura 1), se pegó con cloroformo o con cloruro de metilo en el lado opuesto al que se pegó la primera pieza D. Nótese nuevamente que la pieza F que posee la tuerca debe moverse libremente hacia adelante o hacia atrás (Figura 2.3).

La pieza E se colocó con el orificio de 2 mm sobre la pieza F que tiene la cabeza del tornillo. La pieza E se pegó con cloroformo o con cloruro de metilo a la pieza F que contiene la tuerca (Figura 2.4). A partir de este momento, cuando se gire el tornillo, la pieza E debe desplazarse hacia adelante o hacia atrás, quedando así

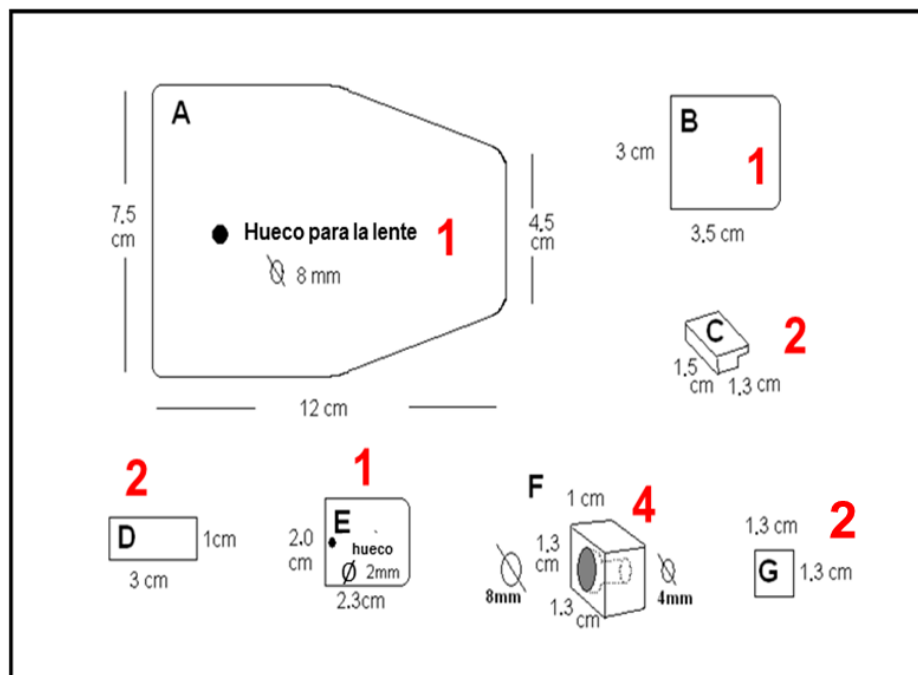


Figura 1. Dimensiones de las 13 piezas de acrílico que deben ser cortadas. Los números en rojo indican el número de cada pieza que fue cortada. Nótese que las piezas A, B, D, E y G son piezas de 3 mm de espesor y las piezas C y F son de 10 mm de espesor. La pieza 1, posee un orificio de 7-8 mm en el cual va incrustada la lente. La pieza E posee un orificio de 2 mm de diámetro para incrustar un pequeño alambre de plomo. La cuatro piezas F presentan un orificio de 8 mm de diámetro por una cara y de 4 mm por la otra cara, pues en ellas van insertados las cabezas de los tornillos de metal y las tuercas. Modificado a partir de Sepel et al., 2009.

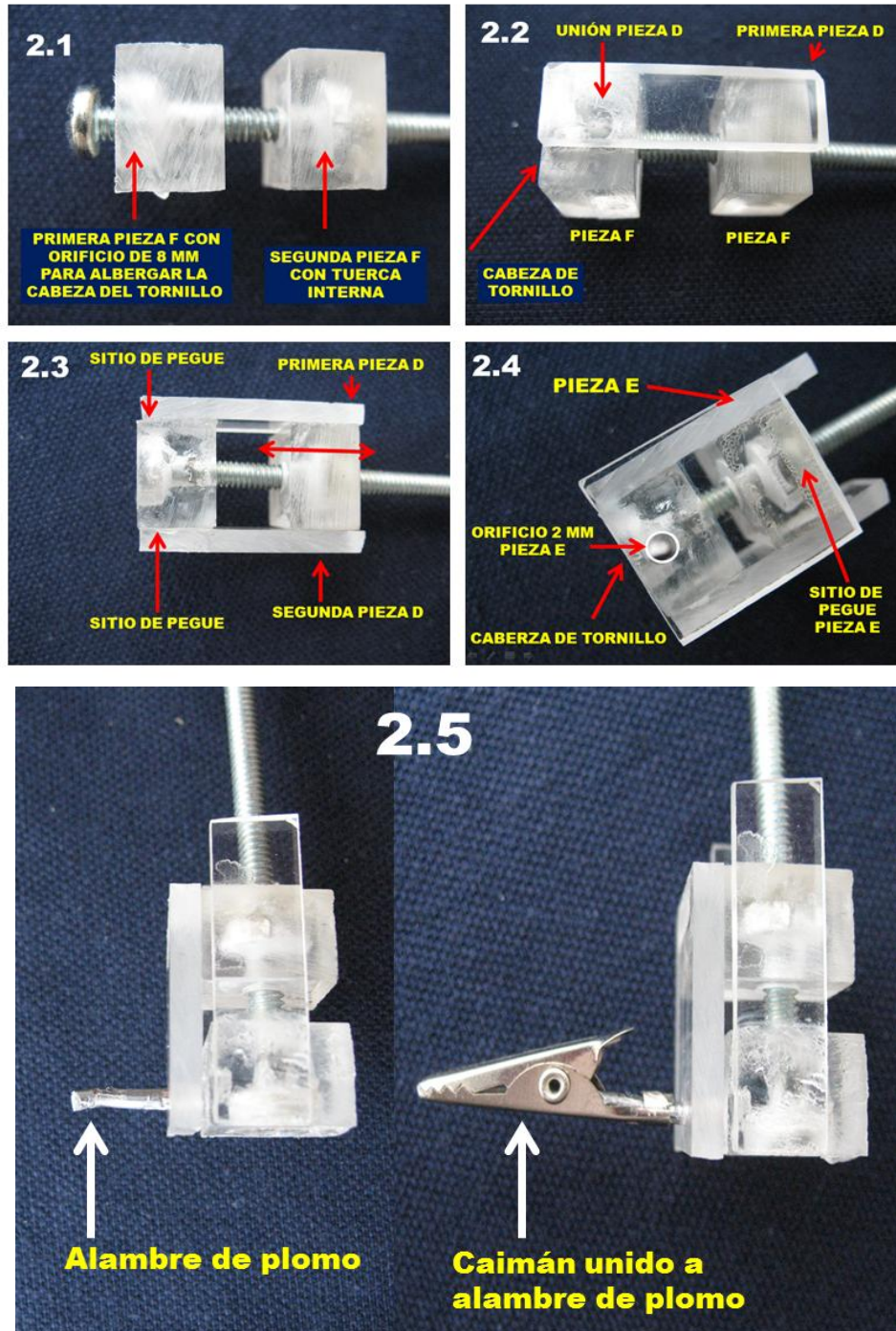


Figura 2. Ensamblaje del sistema de enfoque, 2.5) Unión de un caimán para sujetar la muestra a ser observada, mediante un alambre de plomo que se inserta en el orificio de 2 mm de la pieza E.

terminado el sistema de enfoque del microscopio de Leeuwenhoek. Utilizando soldadura epóxica se fijó un alambre de plomo al orificio de 2 mm de la pieza E. Sobre este alambre de plomo, se pegó un miniterminal eléctrico dentado, el cual se utilizó para sujetar la muestra a ser observada. El alambre de plomo dió flexibilidad al caimán para permitir un enfoque apropiado de la muestra (Figura 2.5).

Ensamblaje del carro o carril. Se insertó el segundo tornillo en una de las piezas F de modo que la cabeza del tornillo se alojó en el orificio de 8 mm. Se pegó una pieza G a la pieza F de manera que la cabeza del tornillo quedó tapada con esta pieza. Se insertó el extremo del tornillo a la otra pieza F que contiene la tuerca (Figura 3.1). La segunda pieza G se pegó a la segunda pieza F que contiene la tuerca (Figura 3.2.). La pieza F que contiene la cabeza del tornillo, se pegó a un extremo de la pieza B (Figura 3.3). La segunda pieza G, que está unida a la segunda pieza F, se pegó al extremo más corto de la pieza A (Figura 3.4). Se tomaron las dos piezas C, las cuales tienen un canal, este canal permite que las dos piezas C se superpongan sobre la pieza B (Figura

3.4). Cada una de las dos piezas C, se pegaron a la pieza A, lateralmente a la pieza B (Figura 3.4). Nótese que cuando el tornillo se gira, la pieza B se desplaza hacia adelante o hacia atrás entre las dos piezas C.

Ensamblaje del sistema de enfoque con el carro o carril. El sistema de enfoque se orientó perpendicularmente al carro o carril. Se pegó la pieza F que contiene la cabeza del tornillo del sistema de enfoque, a la pieza B del carro o carril, teniendo cuidado de que el orificio de 2 mm de la pieza E quedara alineado con el orificio de 8 mm que va a contener la lente (Figura 4).

Ensamblaje de la lente. Las lentes fueron obtenidas de apuntadores laser desechables o de los sistemas ópticos de los lectores de CD o DVD desechables y se pueden obtener fácilmente en los talleres de reparación de equipos electrónicos (Figura 5). Las lentes se incrustaron en el orificio de 7-8 mm que se encuentra en la pieza A. En algunos casos cuando el lente tuvo un diámetro menor, se pegó con cemento epóxico, teniendo cuidado de no colocar pegante en las dos caras de la lente.

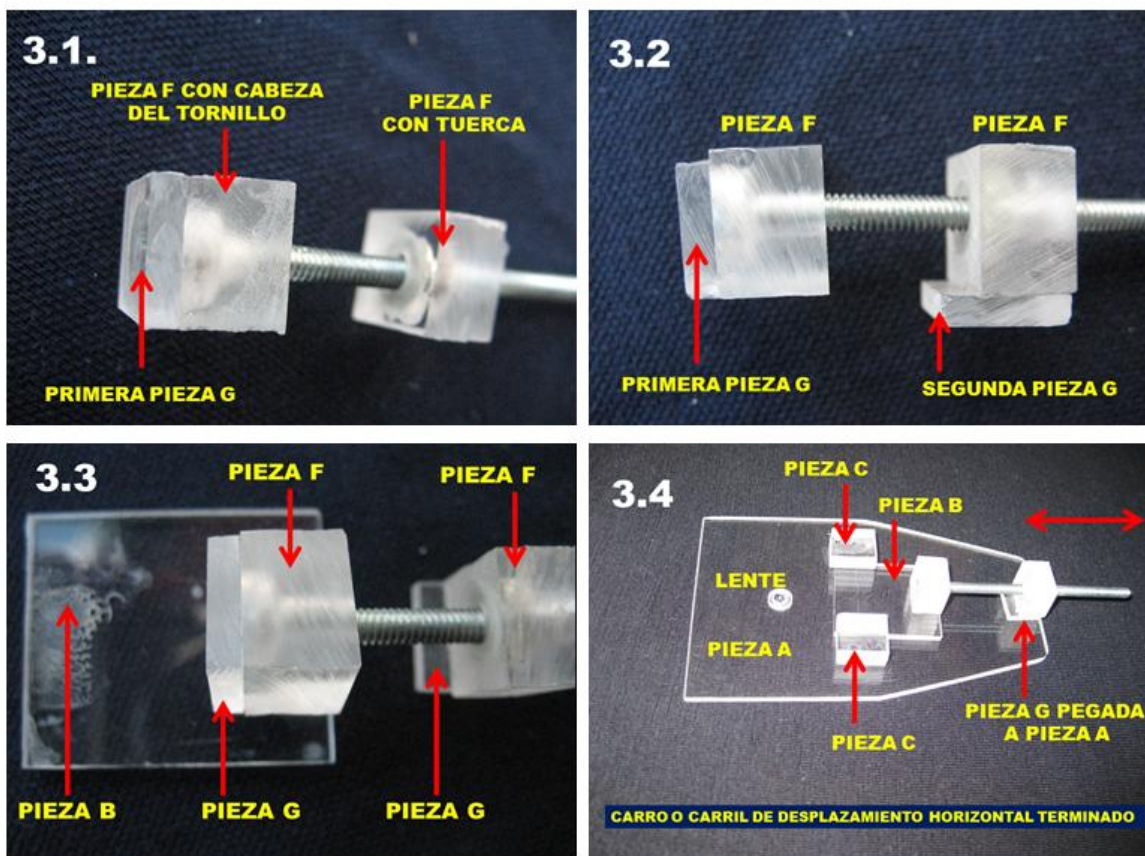


Figura 3. Ensamblaje del carro o carril

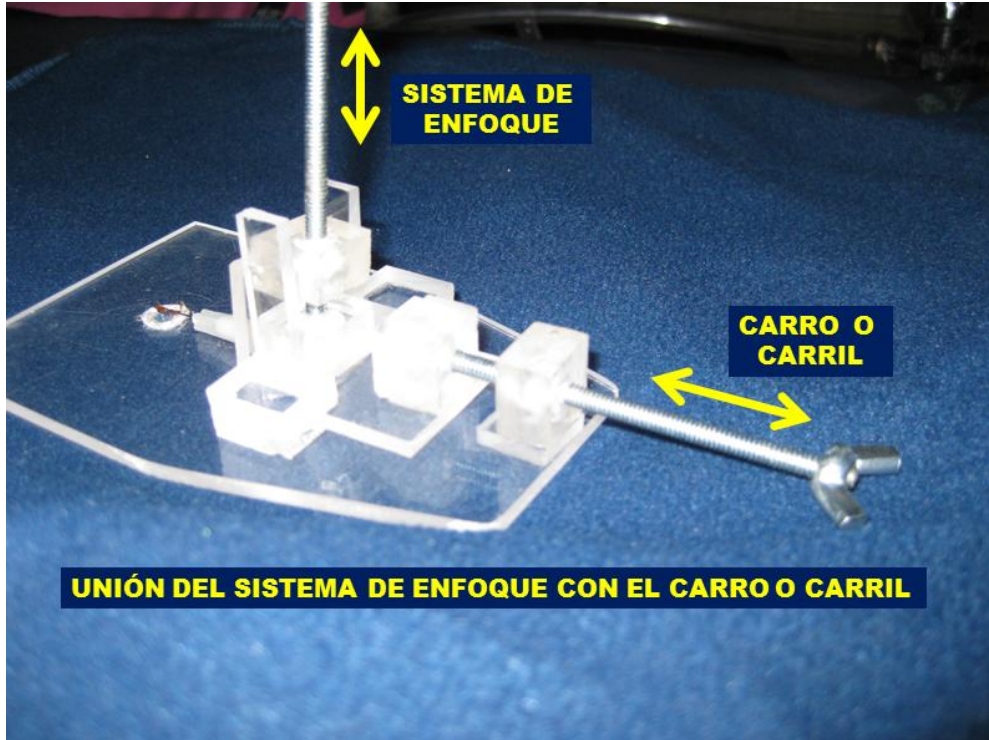


Figura 4. Unión del sistema de enfoque con el carro o carril para producir el microscopio terminado.



Figura 5. Apuntadores laser y lectores de CD y DVD dañados a partir der los cuales se obtuvieron lentes que producen aumentos desde 60x a 150X. estos lentes se incrustan en el orificio de la pieza "A".

Preparación de las muestras para ser observadas a través del microscopio de Leeuwenhoek. Nosotros proponemos cuatro sistemas para la observación de las muestras:

a. Para la observación de pequeños insectos, cabezas de hormigas, mariposas, pulgas, piojos, etc., estos se insertaron a una aguja de jeringa acoplada al alambre de plomo (Figura 6.1) o a un pequeño alfiler, el cual se sujetó con el minicamán (Figura 6.2.) Con el carro o carril se colocaron la muestra exactamente frente a la lente del microscopio y con el sistema de enfoque, la muestra se aproxima o se aleja hasta obtener el enfoque apropiado.

b. Observación de células vegetales, amiloplastos, cloroplastos, cortes de raíz, de tallo, algas filamentosas, hongos filamentosos, hongos unicelulares. Se cortaron cuadros de acetato de 2 x 2 cm que actuaron como dos laminillas. Los cortes se colorearon previamente con safranina, las células vegetales se colorearon con lugol o con azul de metileno, los amiloplastos se colorearon con lugol, las algas filamentosas como Spirogyra o Nostoc, se observaron sin colorear. Estas preparaciones coloreadas o sin colorear, se colocaron entre las dos láminas de acetato y se sujetaron con el minicamán (Figura 6.3).

Observación de invertebrados vivos como protozoarios, rotíferos, nematodos y minicrustáceos como pulgas de agua. Para esto fue necesario construir pequeños reservorios o micro-acuarios a partir de un cuadro de 2 x 2 cm de una tarjeta de crédito desechable o un material plástico similar. En el cuadro se corta una V. Al cuadro recortado, se pega con cemento epóxico una lámina de acetato de 2 x 2 cm en la parte delantera y otra lámina de acetato de 2 x 2 cm en la parte trasera. A partir de cultivos de protozoarios obtenidos en el laboratorio y con ayuda de un gotero, se transfirió la muestra al espacio que queda entre las dos láminas de acetato. El reservorio con la muestra se fijó al minicamán. (Figura 6.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través de una encuesta aplicada antes de iniciar esta experiencia didáctica, sólo el 3,2% de los estudiantes de los grados 10° y 11° de la Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo de la ciudad de Ibagué, habían leído textos relacionados con la invención del microscopio de Anton van Leeuwenhoek y de Robert Hooke. De igual manera la totalidad de los estudiantes desconocían el papel del microscopio en el desarrollo de la biología en los siglos XVIII-XX. El 32,2% de los estudiantes



Figura 6. Cuatro sistemas para la preparación de las muestras a ser observadas a través del microscopio de Leeuwenhoek.

habían efectuado alguna observación a través del microscopio convencional. En la primera fase del trabajo se estableció un número de 25 grupos de 4 estudiantes cada uno, quienes efectuaron una revisión y presentación con videobeam de la historia del microscopio de Leeuwenhoek y de Robert Hooke. En una segunda fase se explicó y se entregó por escrito a cada uno de los grupos los diagramas y pasos a seguir para la construcción de una réplica del microscopio de Leeuwenhoek. Para facilitar el proceso, se solicitó a un taller de acrílicos de la ciudad, el corte de las 325 piezas (13 x 25) para la construcción de 25 réplicas. El ensamblaje de las piezas se realizó en sesiones prácticas bajo la supervisión de los autores del presente trabajo. Las figuras 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 muestran la comparación con un microscopio original de Leeuwenhoek y varias réplicas construidas. La figura 8 muestra a un grupo de estudiantes exhibiendo las réplicas construidas.

Una vez construidas las réplicas del microscopio de Leeuwenhoek con los estudiantes de la Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo, los modelos fueron utilizados para el estudio de las características de las células animales y vegetales, el concepto de la célula como unidad básica de los animales y vegetales, la diversidad de microorganismos como protozoos, algas unicelulares, algas filamentosas, hongos filamentosos, la anatomía de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas y la anatomía de pequeños invertebrados como rotíferos, nematodos e insectos. Los estudiantes de 10° y 11° prepararon una exposición denominada “El maravilloso mundo de la microbiología visto a través del microscopio de Leeuwenhoek” a la cual asistieron 1.500 estudiantes de la Institución educativa. Las figuras 8 y 9 muestran varias actividades desarrolladas durante esta exposición.



Figura 7. 7.1, 7.2, 7.3, 7.4. Comparación del microscopio original de Anton Van Leeuwenhoek y algunas de las réplicas construidas.



Figura 8. Grupo de estudiantes exhibiendo las réplicas del microscopio de Leeuwenhoek, Diferentes actividades desarrolladas con el microscopio de Leeuwenhoek.

A partir de esta experiencia, se observó un cambio de actitud que motivó a los estudiantes que participaron en la estrategia didáctica a profundizar en la historia de la invención del microscopio y en la historia de la ciencia. Sin lugar a dudas, el uso de las réplicas del microscopio de Leeuwenhoek permitió afianzar los conocimientos básicos sobre la célula, de la diversidad microbiana y de la histología vegetal y animal. Varios investigadores, entre ellos Wang y Marsh 2002 (14), han señalado que la historia de la ciencia es pobremente abordada en la escuela secundaria y aún en los primeros semestres de los estudios universitarios, lo cual fue corroborado por nosotros, antes de aplicar la estrategia didáctica. En Europa, estados Unidos, Canadá, Japón, las escuelas primarias y secundarias tienen suficiente acceso al uso de microscopios convencionales para la docencia, de manera que allí, la construcción de modelos de microscopios de Hooke y de Leeuwenhoek tiene como objetivo central el estudio de la historia y naturaleza de la ciencia (8-13).

En las escuelas y colegios de las áreas rurales y aún en algunas áreas urbanas de nuestro país, el uso de microscopios convencionales es nulo o muy escaso. Aún en las instituciones educativas de secundaria que poseen equipos de microscopía, estos equipos suelen tener un deficiente mantenimiento de manera que su uso es res-

tringido e insuficiente para ser utilizado por grupos de 30 a 50 estudiantes. Esta situación ha generado que en la mayoría de las instituciones educativas, la enseñanza de la biología celular, la histología vegetal y animal así como la enseñanza de la microbiología se limite al desarrollo de contenidos teóricos, los cuales generan desinterés y consecuentemente los estudiantes son poco atraídos hacia estas temáticas. Después de construidas las réplicas del microscopio de Leeuwenhoek pudimos comprobar un especial entusiasmo y un creciente interés de los estudiantes por realizar observaciones a través de sus réplicas de cuanto insecto, protozooario o microrganismo lograban obtener. De hecho los estudiantes eran conscientes de su propio esfuerzo para construir un sencillo pero poderoso aparato con el cual lograron realizar observaciones que habían efectuado los primeros microscopistas 350 años atrás. Después de la experiencia, un buen número de estudiantes expresaron su interés por estudiar carreras relacionadas con las ciencias naturales. Es por todo lo anterior que nosotros proponemos la incorporación de la estrategia didáctica aquí expuesta en el currículo de la educación media para incrementar el interés por la historia de la ciencia, para entender la naturaleza de la ciencia y para pasar de un abordaje de la biología, en la mayoría de los casos, exclusivamente teórico hacia un abordaje teórico-práctico que genere un cambio de actitud de los estudiantes hacia el conoci-



Figura 9. Diferentes actividades desarrolladas con el microscopio de Leeuwenhoek

miento y hacia la ciencia. Proponemos esta estrategia para resolver un problema técnico relacionado con la falta de equipos suficientes para la enseñanza de la microbiología. Cada estudiante podría construir bajo la supervisión de sus profesores, una réplica para ser utilizada individualmente, lo cual facilitaría las observaciones de células animales y vegetales, el fortalecimiento del concepto de la célula como unidad básica de los animales y vegetales, el estudio de la diversidad de microorganismos como protozoos, algas unicelulares, algas filamentosas, hongos filamentosos, la anatomía de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas y la anatomía de pequeños invertebrados como rotíferos, nematodos e insectos. Los costos de una réplica del microscopio de Leeuwenhoek, podría estar por menos de \$10.000,00 pesos colombianos, de manera que el costo total para un grupo de 30 estudiantes sería de \$300.000,00 pesos colombianos. Mientras que un solo microscopio convencional puede costar entre 2 a 4 millones de pesos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los estudiantes participantes de los grados 10° y 11° de la Institución Educativa Alberto Santofimio Caicedo. A los integrantes del Laboratorio de Investigaciones en Parasitología Tropical de la Universidad del Tolima por el apoyo técnico prestado para el desarrollo del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ford BJ. El nacimiento del microscopio. *Contactos* 2002;45:29-38.
2. O'Mara JG. On Leeuwenhoek's magnifications. *Antonie van Leeuwenhoek* 1979;45:161-164.
3. Gest H. The discovery of microorganisms by Robert Hooke and Antoni van Leeuwenhoek, Fellows of The Royal Society. *Notes Rec. R. Soc. Lond.* 2004;58:187-201.
4. Corliss JO. A Salute to Antony van Leeuwenhoek of Delft, Most Versatile 17th Century Founding Father of Protistology. *Protist*, 2002;153:177-190
5. Gooday G, Lynch JM, Wilson KG, Barsky CK. (2008). Does science education need the history of science? *Isis*. 2008;99(2):322-30.
6. Debru C. On the usefulness of the history of science for scientific education. *Notes Rec R Soc Lond.* 1997;51(2):291-307
7. Keene M. (2007) "Every boy & girl a scientist": instruments for children in interwar Britain. *Isis*. 2007;98(2):266-89.
8. Sepel LMN, Loreto ELS, Rocha JBT. (2009). Using a Replica of Leeuwenhoek's Microscope to Teach the History of Science and to Motivate Students to Discover the Vision and the Contributions of the First Microscopists CBE—Life Sciences Education 2009; 8:338-343.
9. Sepel LMN, Rocha JBT, Loreto ELS. Construindo um microscópio II. Bem simples e mais barato. *Revista Genética na Escola*. 2011;06: 1-5
10. Tsagliotis N. Build your own microscope: following in Robert Hooke's footsteps. *Science in School I Issue* 2012; 22 : 29-35
11. Tsagliotis N. Microscope studies in primary science: following the footsteps of R Hooke in Micrographia. In Kalogiannakis, M Stavrou D, Michaelidis P (eds) *Proceedings of the 7th International Conference on Handson Science*. 25-31 July 2010, Rethymno- Crete, pp. 212–221. www.clab.edc.uoc.gr/HSci2010.
12. Vannoni M, Buah-Bassuah PK, Molesini G (2007) Making a microscope with readily available materials. *Physics Education* 42(4): 385-390. doi: 10.1088/0031-9120/42/4/008
13. Wallau, GL, Ortiz M de F, Rubin PM, Loreto ELS, Sepell LMN. Construindo um microscópio, de baixo custo, que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas. *Revista Genética na Escola*. 2008;03: 1-3.
14. Wang HA & Marsh DD. Science instruction with a humanistic twist: Teachers' perception and Practice in using the history of science in their classrooms. *Science and Education*. 2002;11: 169-189.