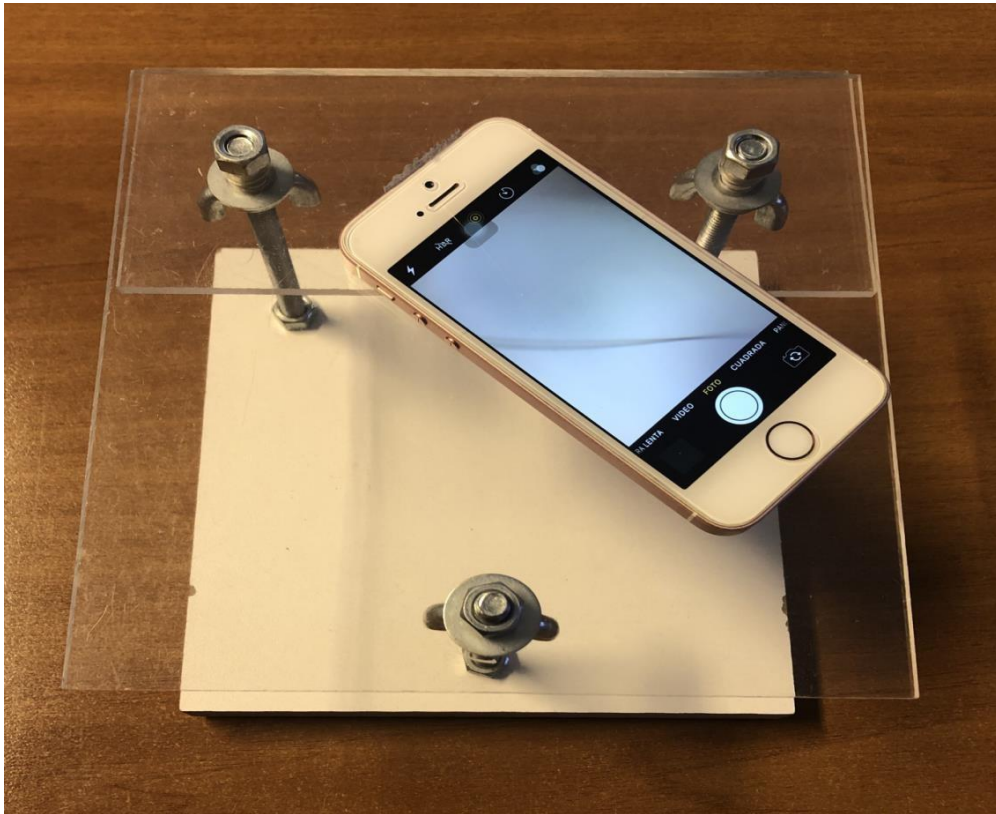


¡Puedo hacer mi propio microscopio!

*Señorita: ¿podemos mostrar también a nuestras familias los
microbios?*



Microscopio casero. Imagen de María José González y Paola Scavone.

María José González¹, Nicolás Navarro^{1,2} y Paola Scavone¹

¹Departamento de Microbiología, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, Montevideo, Uruguay, y ²Centro Avanzado de Enfermedades Crónicas (ACCDiS), Santiago, Chile.

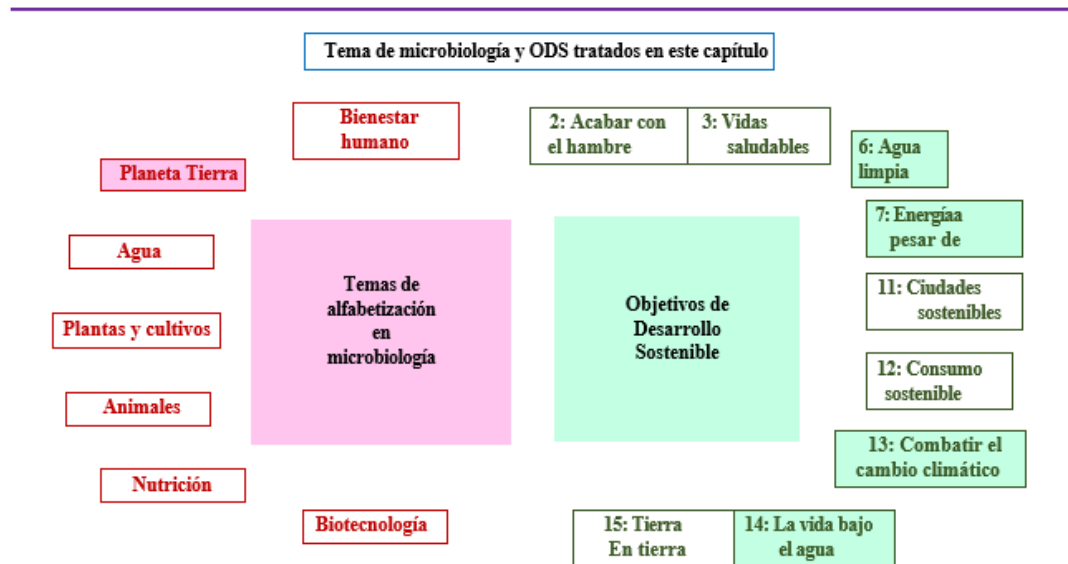
¡Puedo hacer mi propio microscopio!

Sinopsis

Las bacterias, los hongos y los virus son organismos diminutos que viven entre nosotros. La mayoría nos ayudan, unos pocos no tanto. La microbiología es el estudio de estos organismos diminutos, pero ¿cómo podemos verlos si son tan pequeños? El tamaño de los microorganismos es de alrededor de 1 micrómetro (1 millonésima parte de un metro), y no podemos verlos a simple vista. Un instrumento que permite el aumento necesario para la observación de estos pequeños seres es el microscopio. El primer microscopio fue fabricado en 1590 por Zaccharias Janssen. Pero fue Antoine van Leewenhoek quien fue el primero en utilizar este instrumento para observar microbios. La relevancia de la microscopía en microbiología es enorme ya que nos permite ver y comprender diferentes procesos microbianos y descubrir cuáles de ellos son los buenos, los malos o los feos. Hoy en día, la evolución de la microscopía permite observar bacterias en tiempo real, nadando y formando biopelículas. Estos instrumentos son caros, pero podemos construir uno de bajo costo con materiales cotidianos. ¿Cómo hacerlo? te lo revelamos a continuación.

La microbiología y el contexto social

La microbiología: Historia de la microscopía, construcción de microscopios simples, lentes accesibles. *Cuestiones de sostenibilidad:* salud, educación equitativa, igualdad de género, reducción de la desigualdad entre países, consumo sostenible.



¡Puedo hacer mi propio microscopio!

1. **Historia de la microscopía.** La primera pregunta que nos podemos hacer es ¿qué es la microbiología? ¿Y de dónde viene? La etimología de la palabra microbiología viene del griego mikros que significa pequeño, bios vida y logia el estudio de las bacterias, virus, protocitomas, hongos y parásitos, que son objeto de estudio de la microbiología. Todos los microbios tienen un tamaño pequeño, en el rango de los micrómetros, y no son posibles de ver a simple vista. Así pues, la microbiología es la ciencia que estudia las formas de vida pequeñas. El primer problema con el que se encuentran los profesores es que tienen que explicar algo que no es posible ver a simple vista. Más aún, los niños tienen que comprender el tema sin verlo.

La microscopía, desde su desarrollo, nos ha permitido descubrir el mundo microbiano. Antoine van Leeuwenhoek, empresario holandés al que conocemos como el Padre de la Microbiología, construyó su primer microscopio en 1670.

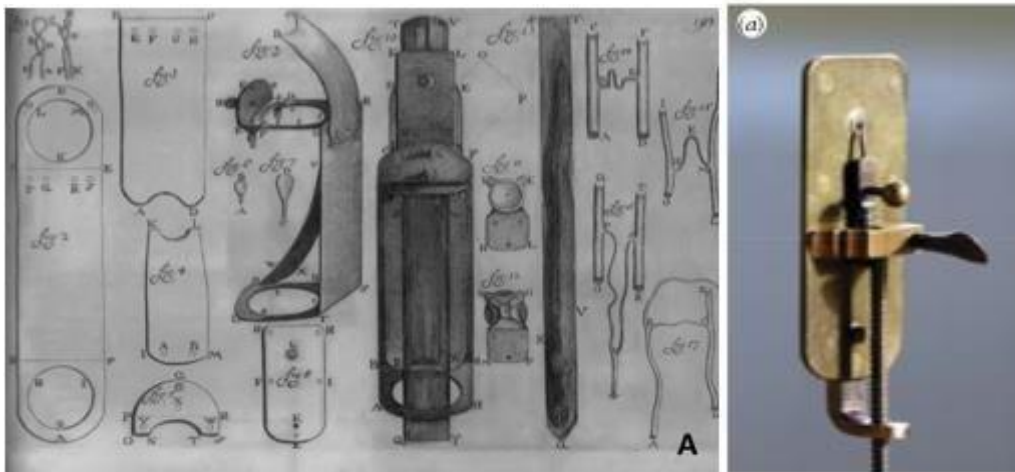


Figura 1: Dibujos originales de van Leeuwenhoek (1689) que muestran un microscopio con sus partes constituyentes de Robertson, 2015. B) Réplica de un microscopio de lente única de Leeuwenhoek (Imagen de Jeroen Rouwkema. Licencia CC BY-SA 3.0 vía Wikimedia Commons).

Construyó más de 200 microscopios para ver las fibras de los tejidos que comercializaba (Figura 1). Sin embargo, su curiosidad lo llevó a observar los pequeños “animáculos” que habitan en su boca; esta fue la primera observación de bacterias en la historia (Figura 2).

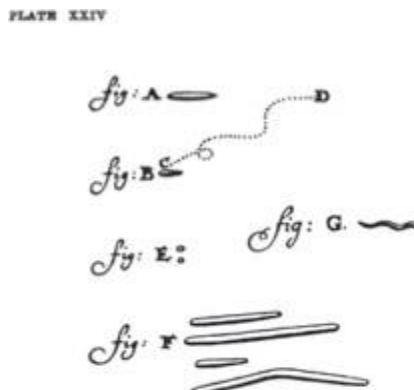


Figura 2. Primeros dibujos y observaciones de bacterias en la boca de Leeuwenhoek. De Leeuwenhoek, Resumen de una carta del señor Anthony Leewenhoek en Delft fechada el 17 de septiembre de 1683, que contiene algunas observaciones microscópicas.

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

Después de van Leeuwenhoek, se produjeron varios avances que llevaron a la construcción de diferentes tipos de microscopios. Fue en 1931 cuando Ernst Ruska y Max Knoll crearon el primer microscopio electrónico (Figura 3). A finales de la década de 1930, se desarrollaron microscopios electrónicos con una resolución teórica de 10 nm (20 veces mayor que la resolución de los microscopios ópticos que tienen una resolución teórica de 200 nm). En las décadas siguientes, varias mejoras tecnológicas llevaron a un aumento en la resolución de estos dispositivos. En 1986, Gerd Binnig, Calvin Quate y Christoph Gerber realizaron una invención significativa que inventó el primer microscopio de fuerza atómica (AFM) con una resolución en la escala nanométrica. Hoy en día, se han desarrollado nuevas técnicas y tecnologías que permiten corregir la aberración objetiva, lo que lleva a un aumento de la resolución de los microscopios electrónicos y una mayor resolución del AFM que supera la nanoescala, ¡incluso podemos ver moléculas individuales!

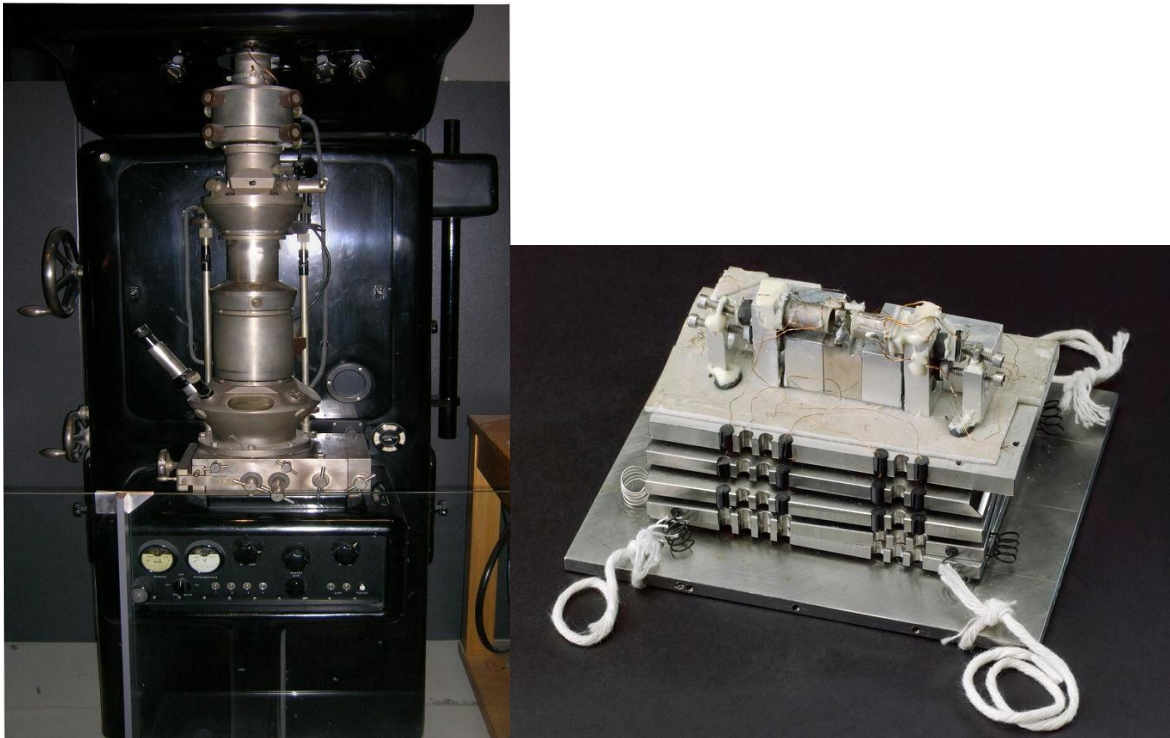


Figura 3. Réplica del primer microscopio electrónico creado por Ernst Ruska y Max Knoll (compartido bajo licencia Creative Commons) y del primer microscopio de fuerza atómica, construido por Quate, Binnig y Gerber en 1985 (© The Board of Trustees of the Science Museum).

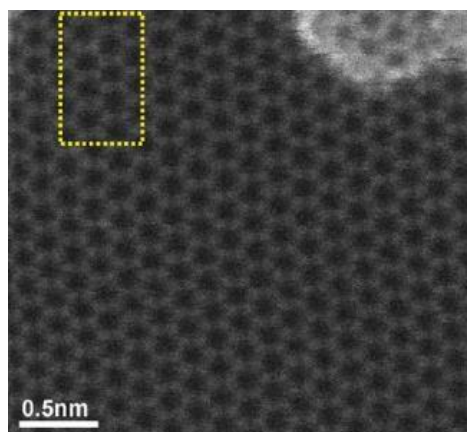


Figura 4. Imágenes de campo oscuro anular de un microscopio electrónico de transmisión de barrido ((HAADF)STEM) de muestras de grafeno.

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

2. *¿Por qué no podemos ver las bacterias a simple vista?* El tamaño de una bacteria común es de alrededor de $1\ \mu\text{m}$, que es una millonésima parte de un metro, o una diezmilésima parte de un centímetro. Imagina que tienes una regla, de modo que en $1\ \text{cm}$ puedes poner 10.000 bacterias en línea. Ahora que conocemos el tamaño de una bacteria, nos damos cuenta de que no podemos verla a simple vista. Pero ¿por qué? Bueno, nuestros ojos pueden ver objetos que son más grandes que $100\ \mu\text{m}$ (Figura 5). Este es el límite de la resolución de nuestros ojos. Por lo tanto, no podemos ver un objeto con un tamaño más pequeño que eso. Aunque hay algunas bacterias que podemos ver a simple vista, como *Thiomargarita namibiensis*, la bacteria más grande del mundo, con un tamaño de $0,2\ \text{mm}$, sigue siendo muy difícil verla a simple vista.

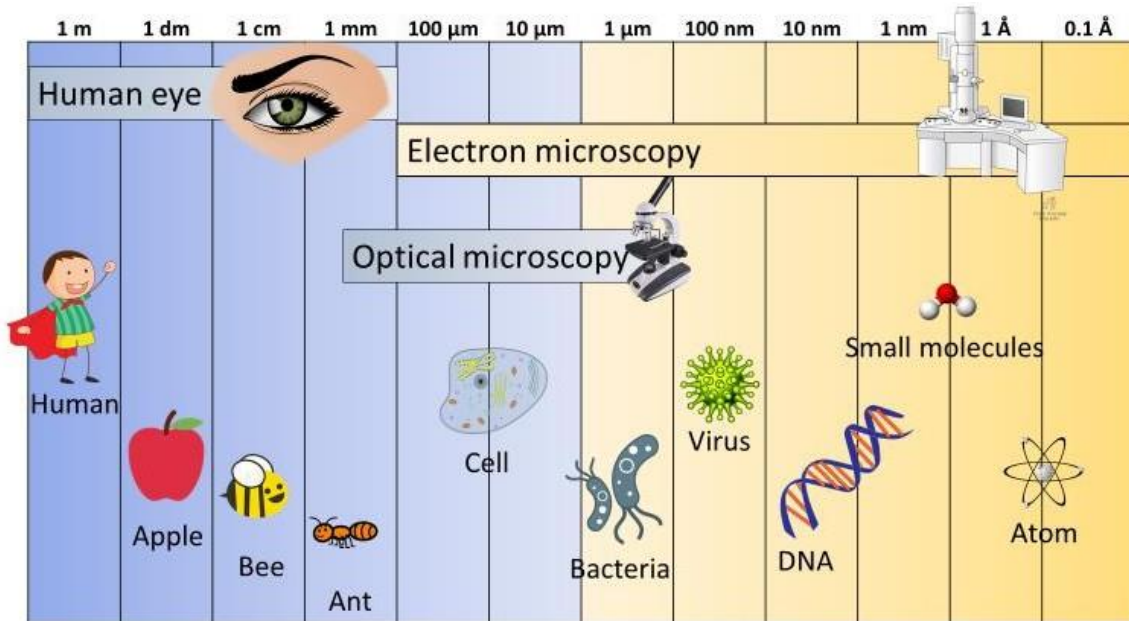
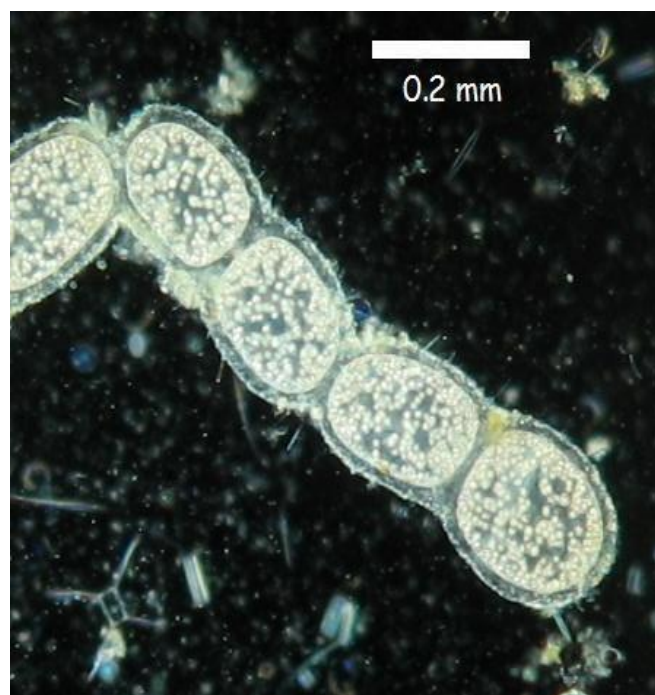


Figura 5: Resolución de escala del ojo humano, un microscopio óptico y uno electrónico.



Cifra 6. *Thiomargarita namibiensis*, la bacteria más grande conocida.

3. Construcción de un microscopio sencillo

a. Materiales (Figura 7)

1. Tres pernos de carruaje de $4\frac{1}{2} \times 5/16$ (11,43 x 0,8 cm).
2. Seis tuercas de $5/16$ (0,8 cm).
3. Tres tuercas de mariposa de $5/16$ (0,8 cm).
4. Tres arandelas de $5/16$ (0,8 cm).
5. Dos separadores de goma.
6. Madera contrachapada de una sola pieza de $\frac{3}{4} \times 7 \times 7$ (1,85 x 17,6 x 17,6 cm) para la base.
7. Plexiglás de una pieza de $\frac{1}{8} \times 7 \times 7$ (0,4 x 17,6 x 17,6 cm) para el escenario de la cámara.
8. Plexiglás de una pieza de $\frac{1}{8} \times 3 \times 7$ (0,4 x 17,6 x 17,6 cm) para la platina de la muestra.
9. Una lente (use dos para mayor aumento).
10. Una luz LED con clic (necesaria solo para ver muestras retroiluminadas).

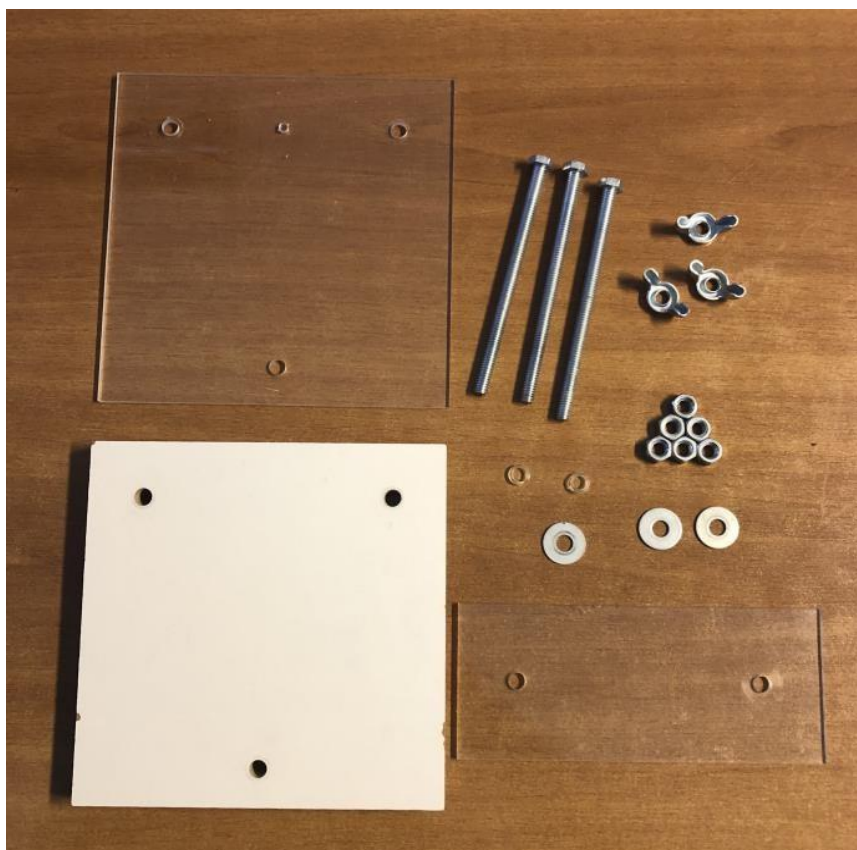


Figura 7: Materiales necesarios para la construcción de un microscopio casero.

b. Montaje del microscopio

En primer lugar, necesitarás ayuda para utilizar un taladro: pídele a un adulto que haga esta parte.

i. Haga agujeros en la base de madera contrachapada y en las placas de plexiglás con un taladro, utilizando una broca de 0,8 cm. Antes de ello, haz las marcas en la madera con un lápiz para saber dónde hacer los agujeros (Figura 8). La distancia entre los dos agujeros superiores es de 12,2 cm; la distancia entre el agujero superior y el inferior es de 14,5 cm, formando un triángulo isósceles. Para las placas de plexiglás pequeña y grande, utiliza las mismas distancias que en la base para que todos los agujeros coincidan (Figura 8). También necesitas hacer un pequeño agujero (0,4 cm) en la placa de plexiglás grande donde colocarás la lente, precisamente

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

entre los dos agujeros superiores.

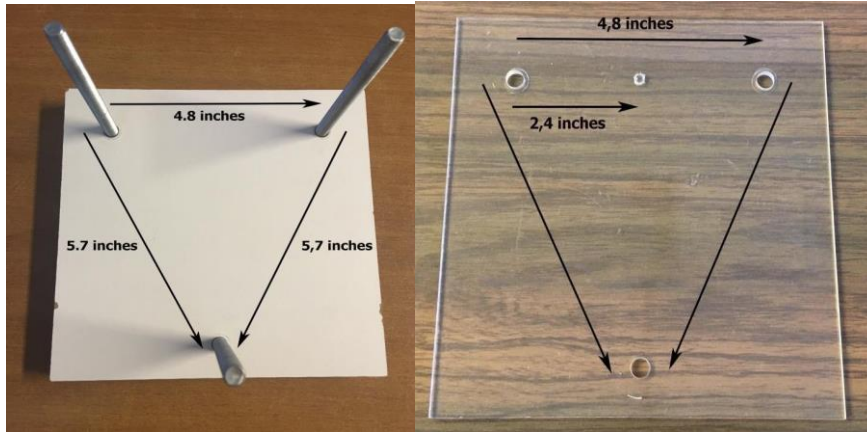


Figura 8: Distancia entre los agujeros necesarios en la base de madera y el plexiglás. Lugar donde va el lente.

ii. Coloque pernos de carro a través de los orificios en la base de madera contrachapada, como se muestra en las figuras 8 y 9.

iii. Fije los pernos del carro con las tuercas, luego agregue las tuercas mariposa, como se muestra en la figura 9.

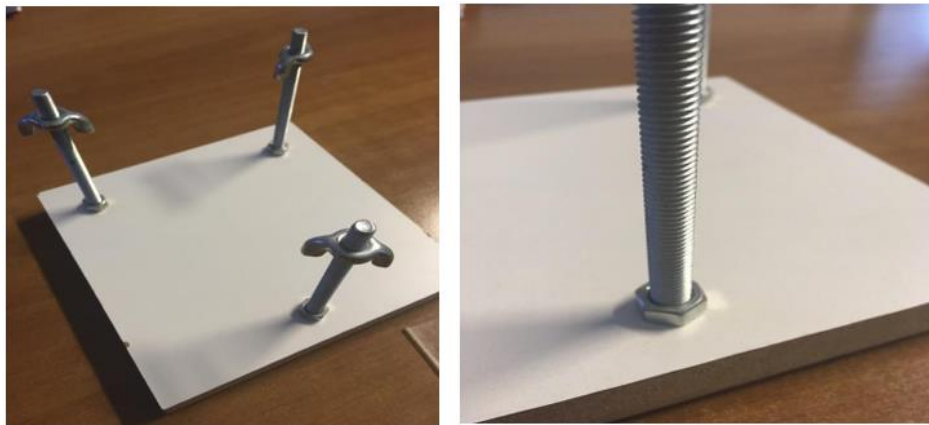


Figura 9. Pernos y tuercas mariposa.

iv. Coloque las arandelas de metal encima de las tuercas mariposa y luego la placa de plexiglás pequeña, seguida de los separadores de goma para separarla de la placa grande (figura 10).

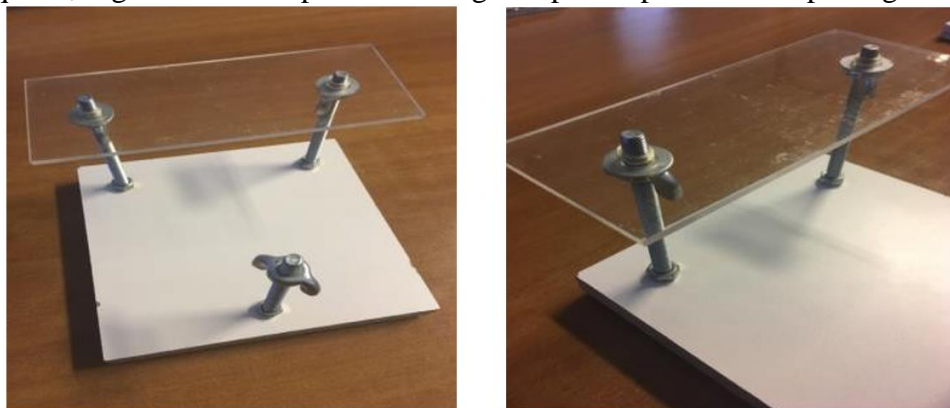


Figura 10. El pequeño plexiglás que funciona como platina del microscopio.

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

v. Por último, coloca la placa grande de plexiglás sobre los pernos, fíjala con las tuercas restantes e inserta el lente. ¡Tu microscopio casero está listo para usar (Fig. 11)!

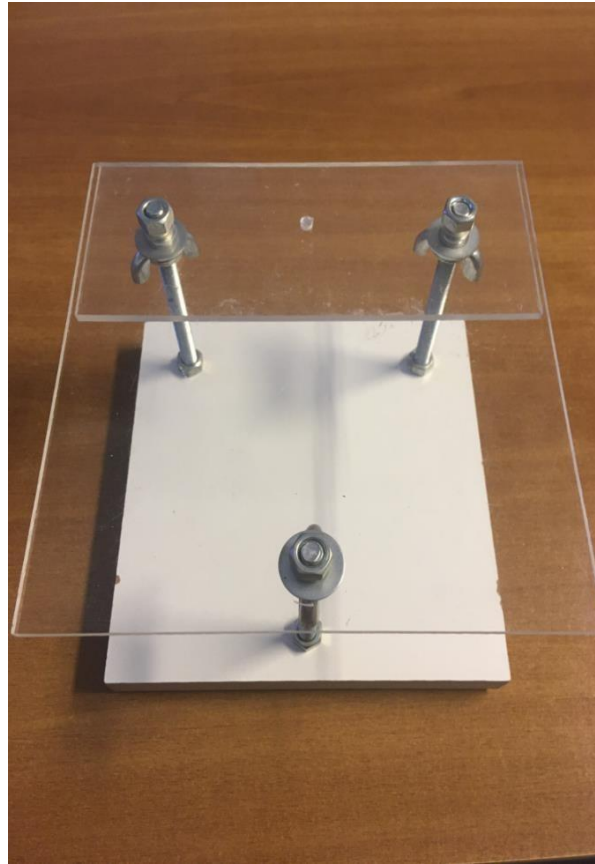


Figura 11. El microscopio casero está listo.

4. **Partes y uso del microscopio.** El microscopio se compone de varias partes, la de madera base, la platina ajustable y la plataforma del teléfono celular donde se inserta la lente (Figura 12).

a. El escenario.

El escenario es donde se colocan las muestras. Si se dispone de portaobjetos de vidrio, se coloca la muestra entre el portaobjetos y el cubreobjetos (Figura 12). Otra opción para las muestras es colocarlas entre cintas adhesivas (consulte el siguiente capítulo para obtener recomendaciones sobre visualización y preparación de muestras). Coloque la cámara del teléfono celular exactamente sobre el lente, encienda la cámara y ¡comience a observar!

Probablemente la primera imagen salga desenfocada. ¿Cómo enfocar la muestra? Es sencillo: hay que mover la platina regulable, girando las dos tuercas de mariposa a la vez hasta que aparezca la imagen. En foco. Luego puedes tomar una foto o grabar un video.

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

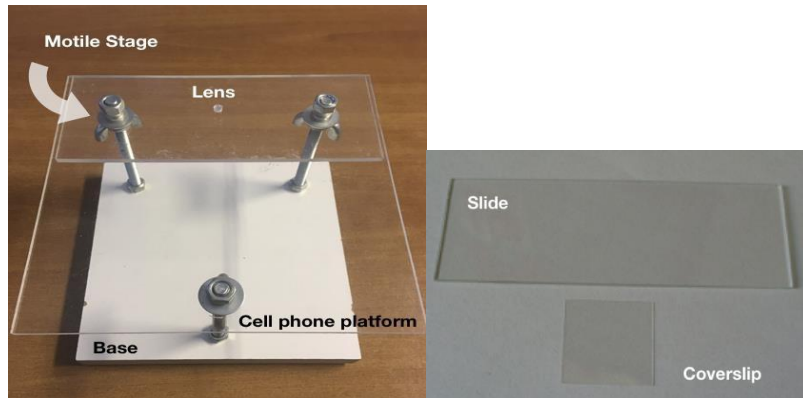


Figura 12: Piezas de microscopio casero, portaobjetos de vidrio y cubreobjetos.

b. La lente

La otra parte importante del microscopio es la lente, que proporciona el aumento. Notarás que la lente no es simétrica. Verás una delgada franja translúcida (de aproximadamente 1 mm) en un lado de la lente (Figura 13). Este lado NO debe ser el lado que mira hacia la cámara. La orientación correcta se puede determinar observando la lente entre los dientes de un tenedor o colocando la lente con una pinza para el cabello en la cámara del teléfono inteligente y observando qué sucede si la usas de un lado o del otro. La orientación correcta te dará un mayor campo de visión. También es posible usar dos lentes para tener un mejor aumento.

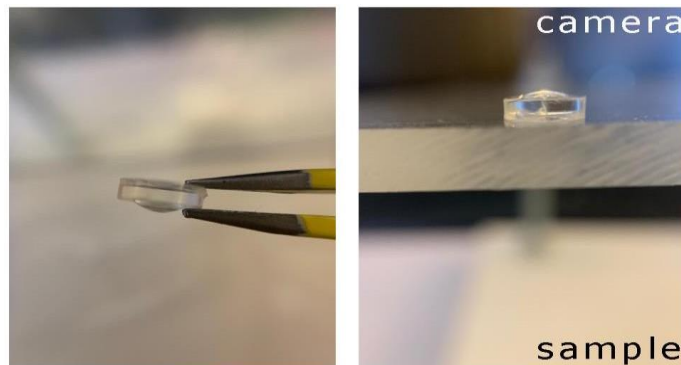


Figura 13: La lente y cómo comprobar la orientación correcta.

c. Fuente de luz (y luz UV).

En ocasiones es necesario contar con iluminación complementaria o que mejore la observación. Esta iluminación puede ser de una linterna, una luz led o incluso de otro teléfono móvil. La iluminación va por debajo de la platina, justo delante del objetivo, donde vemos el objeto (Figura 14). De esta forma, cuando lo necesitemos, podremos ver el objeto a simple vista.

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez



Figura 14: Fuente de luz.

Existen algunos materiales en la naturaleza que pueden emitir fosforescencia o fluorescencia cuando se iluminan con luz ultravioleta (UV). Por este motivo, podemos utilizar una luz led UV en lugar de luz blanca. Esto se puede hacer muy fácilmente en casa si queremos explorar el mundo con otra fuente de luz. Solo necesitas cinta adhesiva transparente, un marcador azul y un marcador violeta (ver Figura 15). Coloca la cinta adhesiva sobre la luz led del celular u otra fuente de luz. Luego, pinta sobre la luz con el marcador azul. Agrega una nueva cinta y vuelve a pintar con el marcador azul.

Por último, añade una cinta nueva pero píntala con el marcador violeta. Al encender la luz del móvil, la luz será violeta.



Figura 15: Materiales y paso a paso de fabricación de un filtro UV.

¿Sabías que los marcadores fluorescentes son realmente fluorescentes? Para probar la luz ultravioleta hecha en casa, puedes dibujar algunas bacterias con el marcador fluorescente en un trozo de papel blanco e iluminarlas con el filtro UV de tu celular (Figura 16).

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

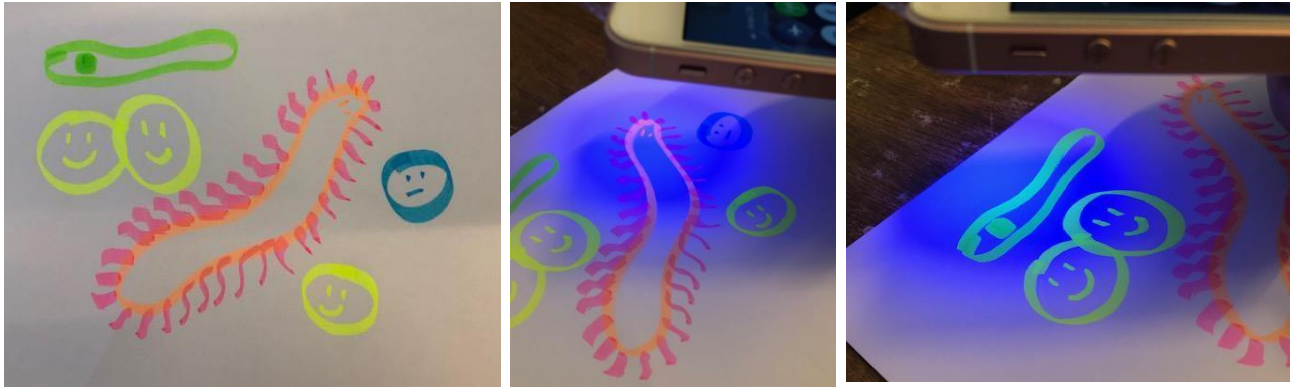


Figura 16: Algunas bacterias fluorescentes e iluminación con el filtro UV móvil.

5. **Plegador.** Otra forma asequible de descubrir el mundo microbiano es a través de Foldscope® (www.foldscope.com). Este microscopio de origami fue desarrollado hace algunos años por Manu Prakash y Jim Cybulski para dar acceso a instrumentos potentes y de bajo costo con un aumento de 140x y una resolución de 2 μm (Figura 17). La idea se les ocurrió durante un viaje de campo a Tailandia, donde los investigadores tenían miedo de usar un microscopio óptico y dañarlo. El montaje del foldscope no es complicado, pero es esencial seguir las instrucciones cuidadosamente, ya que algunas piezas complicadas podrían provocar una unión incorrecta.

Los microscopios foldscope son muy versátiles y algunos investigadores han desarrollado nuevas herramientas para mejorar las imágenes obtenidas con este tipo de "microscopía de teléfono celular", Jawale *et al.* desarrollaron un mecanismo de enfoque impreso en 3D de código abierto para controlar el enfoque de un microscopio basado en lentes esféricas para de microscopía celular (Figura 18). Estos dispositivos podrían ayudar a mejorar la reproducibilidad del posicionamiento focal en contextos clínicos y de aula.

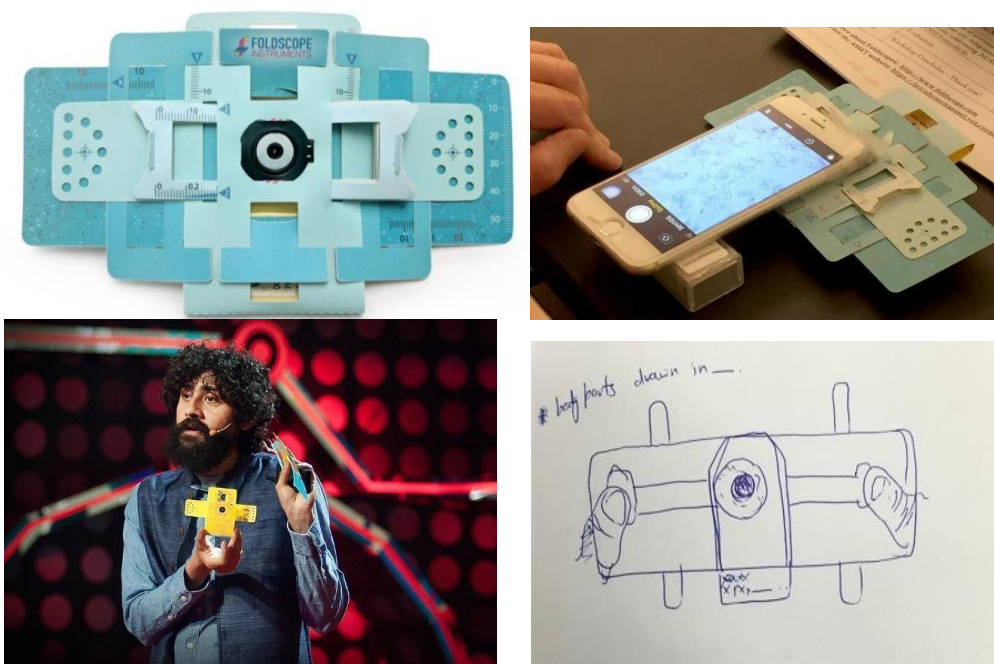


Figura 17. Imágenes de Foldscope® y creador Manu Prakash (compartidas bajo licencia Creative Commons).

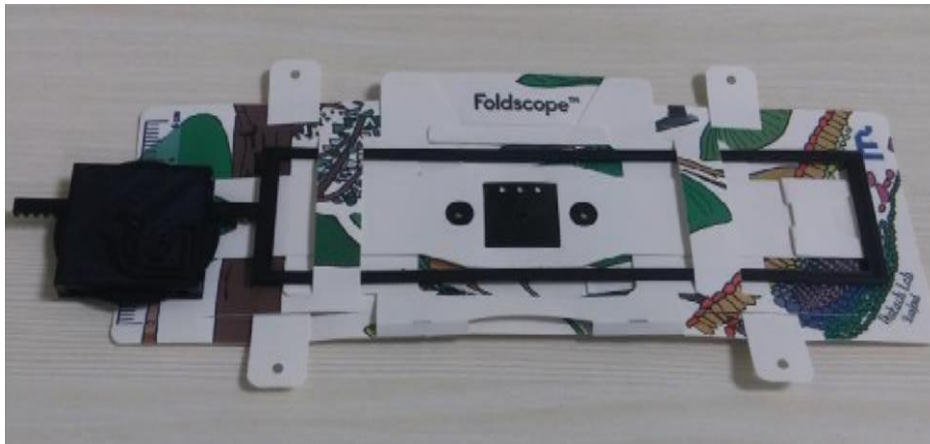


Figura 18. Mecanismo de enfoque impreso en 3D para microscopio Foldscope.

Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus Grandes Desafíos

Desde que la ONU articuló la agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se están realizando importantes esfuerzos para lograr un futuro mejor y más sostenible.

Los recursos educativos contribuyen a estos objetivos, y aquí se ofrecen algunos ejemplos de ellos relacionados con microscopios simples:

- **Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades.** El estudio del mundo microbiano al que nos permite acceder la microscopía ayuda a comprender la importancia de lavarnos las manos, beber agua potable, entre otras prácticas que afectan directamente nuestro bienestar.
- **Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.** Una de las mayores preocupaciones en el ámbito educativo es la calidad y el acceso a la educación en todos los niveles. Por muchas razones, hay millones de niños fuera de la escuela en el mundo. Pero es esencial que incluso esos niños puedan acceder a herramientas para aprender cómo funciona nuestro mundo. Estas actividades se pueden realizar no solo en la escuela, sino también en casa con la familia, extendiendo así la educación al hogar y promoviendo el aprendizaje permanente. El desarrollo de las habilidades del siglo XXI contribuye al ODS 4. El método científico nos permite descubrir el mundo que nos rodea, y el uso de un microscopio casero inducirá a los niños a plantear hipótesis y objetivos, diseñar un experimento, observar y sacar conclusiones. Por esta razón, las habilidades STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) deben incluirse si queremos empoderar a la próxima generación para abordar los desafíos futuros y globales.
- **ODS 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.** La búsqueda del conocimiento debe formar parte de la educación equitativa de niños y jóvenes, y ser un elemento clave de las estrategias para empoderar a las niñas. Todos los materiales y recursos que acerquen a los niños a la ciencia deben ser accesibles tanto para niñas como para niños.
- **ODS 10. Reducir la desigualdad dentro y entre los países.** Avanzar hacia la igualdad de oportunidades y promover la inclusión social, económica y política de todos, independientemente de la edad, el sexo, la discapacidad, la raza, la etnia, el origen, la religión o la situación económica o de otro tipo, los medios tienen que ser gratuitos y de fácil acceso.

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

La educación STEM requiere un costoso equipo de laboratorio para enseñar mediante la experimentación, por lo que la posibilidad de crear un microscopio personal en casa permite que personas de diferentes estratos sociales tengan acceso al conocimiento científico. Esto posibilita y promueve la democratización de la ciencia a todos los niveles.

- **ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.** Aprender a fabricar microscopios caseros nos permite aprender a utilizar materiales que podemos encontrar en todos los hogares, materiales que reciclaremos y les daremos un nuevo valor antes de desecharlos. Los niños aprenderán que el consumo y la producción sostenibles consisten en hacer más y mejores cosas con menos. También implican disociar el crecimiento económico de la degradación ambiental, aumentar la eficiencia de los recursos y promover estilos de vida sostenibles. También nos ayuda a cambiar nuestra forma de pensar para ser más conscientes de la importancia de nuestro planeta. Necesitamos que la próxima generación esté preparada para los desafíos futuros.

Posibles Implicaciones para las Decisiones.

1. *Individual.*

- a. Anime a los niños a aprender sobre el micromundo.
- b. Desarrollo de habilidades del siglo XXI.
- c. Estimular la capacidad de asombro que los niños ya poseen.

2. *Políticas comunitarias.*

- a. Educar a la población sobre la importancia de comprender el mundo que nos rodea.
- b. Generar espacios equitativos para el aprendizaje.
- c. Generar herramientas asequibles para que los niños puedan aprender con su familia, no sólo en los centros educativos.

Participación de los alumnos

1. *Discusión en clase.*

- a. ¿Qué queremos ver con nuestro microscopio casero?
- b. ¿Crees que es importante conocer el mundo microbiano? ¿Por qué?

La base de evidencia, lecturas complementarias y materiales didácticos.

- Los primeros microscopios: Zaccharias Janssen, Hans Lippershey y Antony van Leeuwenhoek: <https://www.aps.org/publications/apsnews/200403/history.cfm>
- Dobell C. Antony Van Leeuwenhoek y sus "Animalitos" (1960) Dover Publications INC, NY, EE. UU. 239–255
- Lesley A. Robertson (2015), Microscopios van Leeuwenhoek: ¿dónde están ahora? FEMS Microbiology Letters, Volumen 362, Número 9, mayo de 2015, fnv056, <https://doi.org/10.1093/femsle/fnv056>
- Leewenhoek A. (1684) Un resumen de una carta del Sr. Anthony Leewenhoek en Delft, fechada el 17 de septiembre de 1683, que contiene algunas observaciones microscópicas. Phil. Trans. 14, 568 – 574.
- Science Museum Group. Primer microscopio de fuerza atómica, Estados Unidos, 1985. Science Museum Group Recopilación En línea. Accedido Septiembre 13,

Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

2020.

[https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8685/first-atomic-force-microscope-Estados Unidos, 1985: microscopio de fuerza at6mica](https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8685/first-atomic-force-microscope-Estados-Unidos,1985:microscopio-de-fuerza-at6mica)

Kepaptsoglou, D., Hardcastle, TP, Seabourne, CR, Bangert, U., Zan, R., Amani y col. (2015). Modificaci3n de la estructura electr3nica del grafeno implantado con iones: las firmas espectrosc3picas del dopaje de tipo p y n. ACS nano, 9(11), 11398-11407.

Instituto de Qu3mica y Biolog3a del Medio Marino, Universidad de Oldenburg, consultado en septiembre de 2020 <http://www.pmbio.icbm.de/mikrobiologischer-jard3n/eng/enanswer038.htm>

Cybulski, JS, Clements, J., y Prakash, M. (2014). Foldscope: microscopio de papel basado en origami. PloS uno, 9(6), e98781.

Jawale, YK, Rapol, U., y Athale, CA (2019). Mecanismo de enfoque impreso en 3D de c3digo abiertopara microscop3a celular basada en tel3fonos celulares. Journal of microscopy, 273(2), 105-114.

Plegador: <https://www.foldscope.com/nuestra-historia>

Glosario

Bacteria Son organismos microsc3picos unicelulares, no visibles a simple vista, que se pueden encontrar en todas partes.

Lente Es un vidrio curvado que se utiliza para ampliar un objeto.

Objetivos Son el elemento 3ptico que recoge la luz del objeto observado y enfoca los rayos de luz produciendo una imagen real.

Resoluci3n la distancia m3nima a la que dos puntos distintos de una muestra a3n pueden verse (ya sea por el observador o por la c3mara del microscopio) como entidades separadas.