

EL ARTE MÁS ALLÁ DE LO VISIBLE

Acerca del aporte de la microfotografía a la museología... y el impacto estético de las imágenes resultantes.

* María Claudia Macci - **José Sellés-Martínez

PRIMERA PARTE

Algo de historia: documentar lo invisible

Una imagen magnificada de algo real recibe el nombre técnico de *micrografía* si ha sido realizada a mano (aunque el ojo del dibujante haya estado en el ocular del microscopio) o bien *microfotografía* o *fotomicrografía*, si ha sido obtenida por técnicas fotográficas o digitales, siempre a partir de una imagen multiplicada en sus dimensiones reales por el instrumento convencional o electrónico.

Con este instrumento “agrandador de imágenes” ocurre lo mismo que con muchos otros instrumentos científicos: existe una gran discusión acerca de quién fue el inventor ya que compiten para ello diferentes interpretaciones. ¿Fue la persona que tuvo la idea? ¿Fue el que primero construyó un aparato de ese tipo, aunque fuera rudimentario? ¿Fue el primero que publicó las observaciones realizadas utilizándolo? Como ocurre también en muchos otros casos, la respuesta no es definitiva al no existir criterios unánimes ni la información documental necesaria para emitir una opinión inapelable.



Microscopio desarrollado por Galileo Galilei

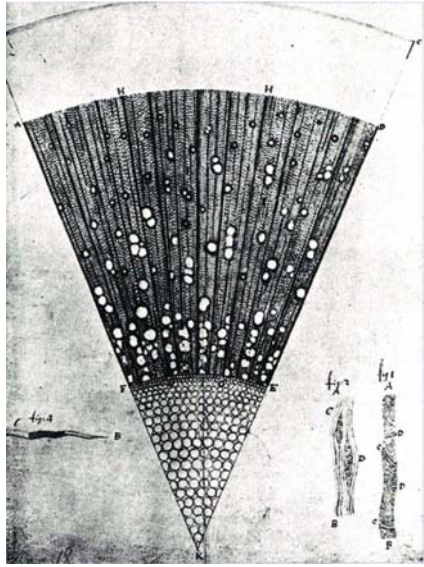
Lo que sí puede señalarse con exactitud es que en 1609 Galilei (1564-1642) desarrolla un instrumento que denomina *occholino*, el que podría ser resultado del perfeccionamiento (por parte de Galilei) de instrumentos ópticos desarrollados con anterioridad sobre todo en Holanda. Ya lo había hecho con el telescopio y, posiblemente en este caso haya hecho lo mismo, tomar una idea novedosa y perfeccionarla. Es en 1625, en Florencia (donde se encuentra radicado Galilei y en la Academia dei Lincei (a la que él pertenece) que, por analogía con el término *telescopio*, Giovanni Faber de Bamberg, otro miembro de la Academia, utiliza por primera vez el término *microscopio*.

Parece que el año 1665 fue un año clave en el progreso de las observaciones microscópicas. William Harvey publica su obra sobre la circulación sanguínea, con observaciones microscópicas de los capilares sanguíneos, Robert Hooke (1635-1703) publica su obra *Micrographia*, utilizando por primera vez la palabra célula para describir las celdillas de las células del corcho.



Microscopio de Hook y detalle de la página de Micrografía en la que reproduce el tejido celular del corcho.

A mediados del Siglo XVII Antón van Leeuwenhoek (1632-1723), exitoso comerciante de telas en ese momento, fabrica para su uso y entretenimiento poderosos microscopios y -guiado más por su curiosidad que por su conocimiento- inicia la descripción de protozoarios y bacterias, así como la de los glóbulos rojos y los espermatozoides. Es importante señalar, para ubicar al personaje en su época, que en ese momento se discutía la teoría de la Generación Espontánea de los seres vivos y que las descripciones realizadas por van Leeuwenhoek fueron muy apreciadas por los naturalistas de la época, entre ellos los miembros de la Royal Society londinense. Dada la relación que este artículo pretende tener con las Artes, resulta inevitable citar aquí una frase de Constantijn Huygens (escritor, 1596-1687) quién escribió: “Se puede ver cómo el buen Leeuwenhoeck no se cansa de hurgar por todas partes hasta donde su microscopio alcanza, y si buena parte de otros mucho más sabios hubieran dedicado a ello el mismo esfuerzo, el descubrimiento de cosas bellas iría mucho más lejos”. Nótese que utiliza el término **cosas bellas**, para referirse a las observaciones y no “cosas útiles” o “cosas importantes”.

	
Madera de fresno observada al microscopio, según una descripción de van Leeuwenhoeck	Microscopio de van Leeuwenhoeck diseñado para observar objetos en suspensión acuosa

En la segunda mitad del Siglo XVII el uso del microscopio se extiende y Marcello Malpighi (1628-1694), anatomista y biólogo italiano, parece ser el primero que lo utiliza para la observación de tejidos vivos, siendo fundamental su aporte al estudio de la embriología al presentar una descripción detallada de los estados iniciales del desarrollo del embrión.

Durante el Siglo XVIII el avance de los conocimientos acerca de la óptica y el progreso técnico hace que cada vez se construyan mejores instrumentos y su uso se extienda en el ámbito científico. Esta tónica se mantiene también durante el siglo siguiente hasta que en los comienzos de la década del '30, ya en el siglo XX parece haberse alcanzado el límite de la observación con microscopios ópticos, pero el conocimiento científico había avanzado lo suficiente como para, por un lado, necesitar conocer el detalle de un universo microscópico que se abría más allá de los 1.000 aumentos y, por el otro, contaba ya con posibilidades de pensar en otras técnicas de ampliación de imágenes diferentes del juego de lentes tradicional. Es así que en 1931 se desarrolla en Alemania el primer microscopio electrónico, denominado TEM (por Transmisión Electronic Microscope) que utiliza un haz de electrones en lugar de luz y alcanza aumentos del orden de las 100.000 veces y luego, sobre la base de estudios iniciados en 1942, en la década del '60 se desarrolla el microscopio electrónico "de barrido" (SEM por sus siglas en inglés). En la actualidad los tres tipos básicos de microscopios señalados continúan utilizándose, cada uno de ellos con aplicaciones específicas. Los modelos actuales de TEM pueden alcanzar hasta 2.000.000 de aumentos.

Finalmente, para admirar una magnífica colección de microscopios de todas las épocas recomendamos visitar la página:

<http://campus.usal.es/~histologia/museo/museo.htm>

Un mínimo de información técnica

La microscopía involucra la captación o generación de haces de luz visible, de otras radiaciones electromagnéticas o, bien de electrones, los que luego interactúan con el espécimen en estudio sufriendo procesos de difracción, reflexión o refracción según la técnica utilizada. Finalmente esta radiación es recogida para formar la imagen final aumentada entre unas pocas y más de 100.000 veces el tamaño original.

Los diferentes tipos de microscopios han ido surgiendo en el tiempo a medida que los conocimientos teóricos y los procedimientos técnicos lo permitían. Los tipos más importantes de microscopios son los ópticos y los espectrográficos.

Microscopios ópticos:

Son el tipo más antiguo y los rayos de luz que inciden sobre el objeto son reflejados y atraviesan una lente o un conjunto de ellas brindando una imagen magnificada del objeto, la que puede ser observada directamente a ojo desnudo o bien fotografiada o digitalizada.

Los microscopios ópticos poseen algunas limitaciones que han conducido al desarrollo de numerosas técnicas que permiten superarlas aunque sea parcialmente. Las causas de las limitaciones son:

- a- Sólo pueden verse los objetos muy oscuros o con un fuerte poder refractante
- b- El fenómeno de la difracción limita la resolución de estos equipos a no más de 0,2 micrones (10^{-6} metros)
- c- La definición de la imagen se ve reducida por la presencia de luz que proviene de puntos que están fuera del plano focal.

y entre las técnicas utilizadas para mejorar la calidad de las imágenes pueden citarse las de campo oscuro, campo brillante, iluminación lateral, teñidos ópticos, contraste de fase, interferencia de reflexión, fluorescencia e iluminación puntual (microscopio confocal) entre otras.

Microscopios espectrográficos

Esta técnica se aprovecha del hecho que el poder de resolución de un determinado equipo depende de la longitud de onda de la luz utilizada. Es así que se utilizan tanto un haz de electrones o bien rayos X con el fin de obtener imágenes nítidas de partículas por debajo del límite de resolución del microscopio óptico que, como se ha dicho es del orden de 0,2 micrones.

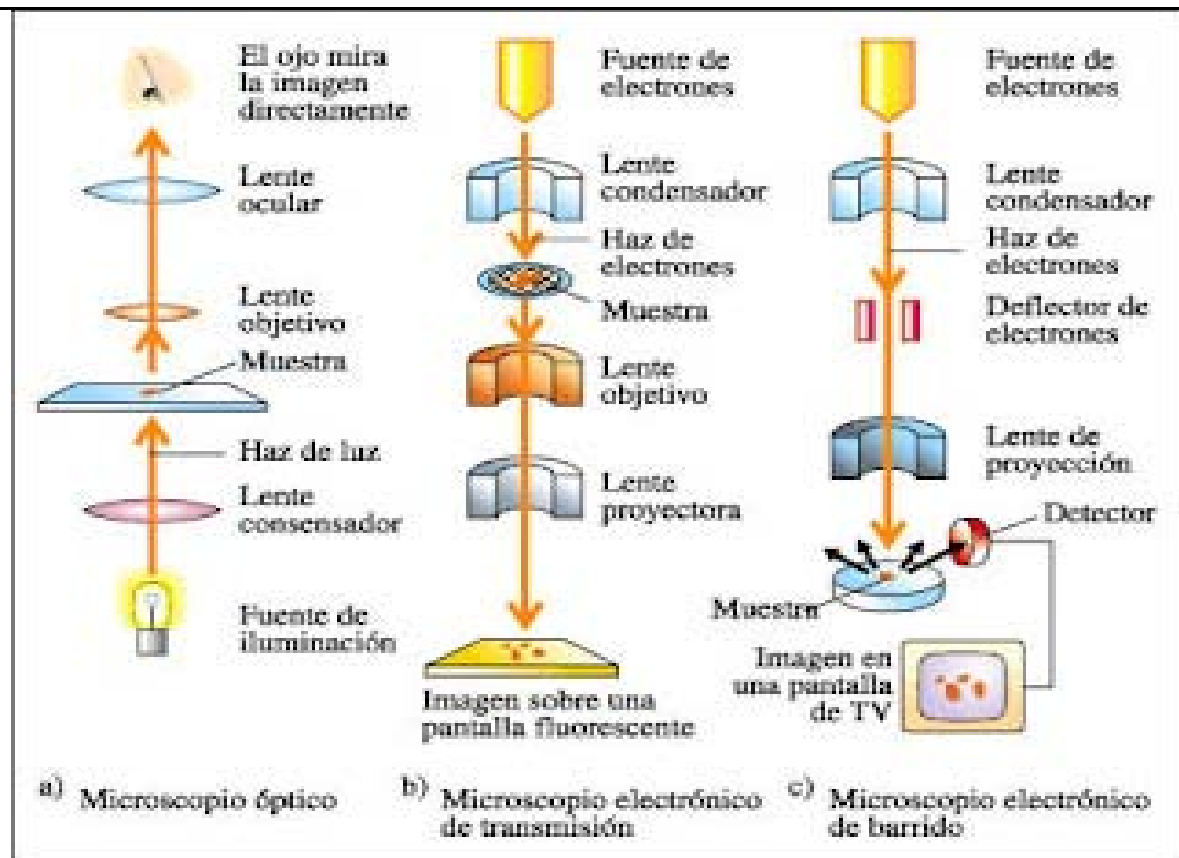
Los microscopios que utilizan rayos X como fuente de iluminación comenzaron a desarrollarse a partir de 1940, pero están menos difundidos ya que sus alcances no superaron los del microscopio electrónico. Su interés radica en que pueden proporcionar información acerca de la composición química de los materiales en observación, por lo que actualmente se combinan a veces microscopios electrónicos con generadores de rayos X.

Los microscopios electrónicos comenzaron a desarrollarse a principios de la década de 1930 y actualmente pueden ser de dos tipos, el que trabaja por transmisión del haz de electrones (Microscopio Electrónico de Transmisión) y el que realiza un barrido de la superficie con el haz electrónico (Microscopio Electrónico de Barrido). Las denominaciones comunes son TEM y SEM respectivamente por sus siglas en inglés. En el

primero el haz atraviesa una feta extremadamente delgada del material en estudio y en el segundo se trabaja con una técnica de detección lateral. Existen también detectores que están encima de la muestra, llamados *in lens*. La resolución en TEM es de $\sim 0.17\text{nm}$ y en SEM de $\sim 2\text{nm}$ dependiendo de la energía de los electrones), siendo esta unidad mil veces menor que el micrón. La interacción de los electrones con la muestra produce un amplio rango de señales secundarias desde el espécimen que pueden ser obtenidas si se cuenta con el detector adecuado. Muchas de estas señales dan información química de la muestra, es decir qué elementos de la tabla periódica contienen diferentes puntos de la misma. Como también qué estructura cristalina presentan. La calidad de la señal depende del tipo de fuente de electrones con el que cuenta el equipo empleado para el análisis. Existen numerosas técnicas de microscopía tales como: microscopio de fuerza atómica, de fuerza fotónica, de fuerza ultrasónica, túnel, ultravioleta, infrarrojo, holográfico, láser, etc. Es importante señalar que en todos estos casos la imagen resultante no es visible a ojo desnudo sino que se obtiene a partir del procesamiento computarizado de la información digital. Como es otras áreas de la producción de instrumental científico, en microscopía electrónica se sigue estudiando cómo poder mejorar la resolución, ya sea cambiando la tecnología o el diseño de sus diferentes componentes (cañón de electrones, lentes electromagnéticas, detectores, etc.). Continúan saliendo al mercado nuevos modelos con diferentes aplicaciones o mejoras.

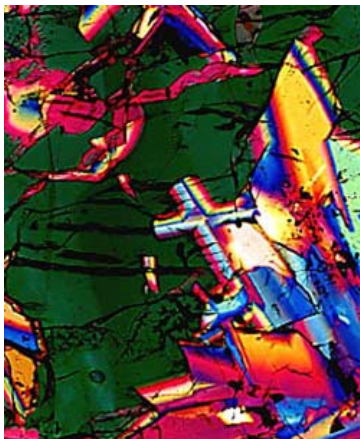
TIPOS DE MICROSCOPIO		
Microscopio óptico	Microscopio electrónico de Transmisión	Microscopio electrónico de barrido
	 FOTO: UN	

Esquema de funcionamiento de cada tipo de microscopio

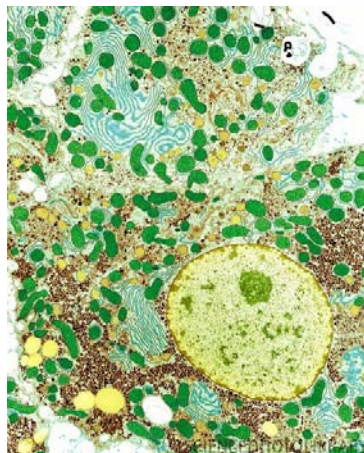


Imágenes correspondientes a cada tipo de microscopio

Lámina delgada de lava lunar observada con luz polarizada
<http://micro.magnet.fsu.edu/publications/pages/rocks.html>



Hepatocitos (la coloración es artificial)
<http://www.sciencephoto.com/media/310332/enlarge>



Grano de polen (la coloración es artificial)
http://www.msnbc.msn.com/id/36692876/ns/health-allergies_and_asthma/displaymode/1247/?beginSlide=1



SEGUNDA PARTE

Usos y aplicaciones de la microfotografía a los problemas museológicos y museísticos

A continuación se detallan algunos de los casos de usuarios que se acercaron al Centro de Microscopías Avanzadas (CMA, <http://www.cma.fcen.uba.ar/>)) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires para adquirir imágenes de sus muestras.

a. Museo Antropológico. Análisis de la morfología y composición de: 1) cerámicas y mostacillas de poblaciones de aborígenes autóctonos de Argentina. Analizaban con qué materiales pintaban las cerámicas y cuáles eran los métodos de obtención de las mismas. 2) de pinturas realizadas sobre paredes de antiguas iglesias de la Ciudad de Buenos Aires.

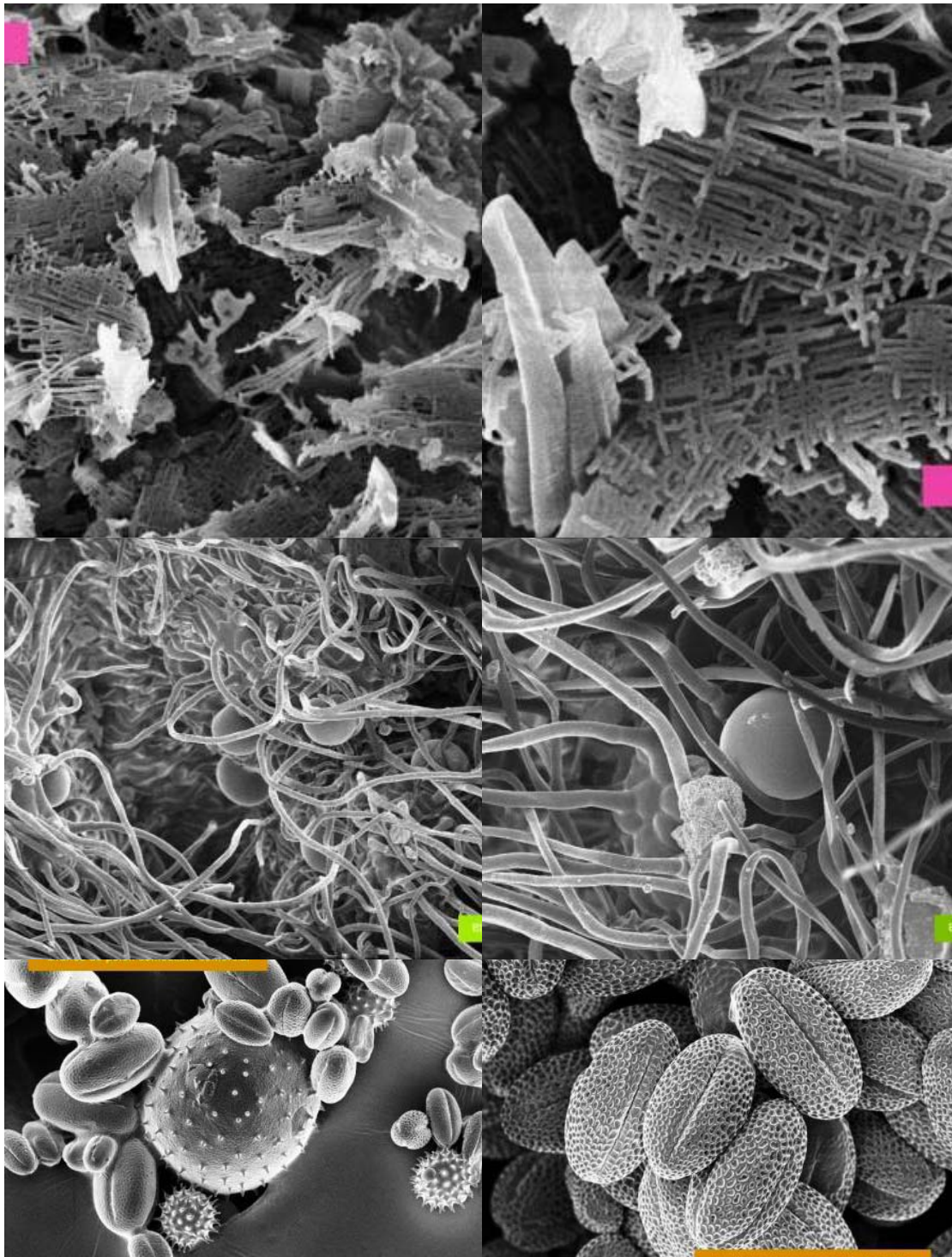
b. Museo de Bellas Artes/FCEN/Marta Maier. Análisis de la morfología y composición de: 1) textiles antiguos (lanas de aborígenes), pinturas y estatuas jesuíticas (estratigrafías para determinar con qué tipo de pigmentos lograban los colores en esa época, determinación del tipo de hongos que estaban atacando las estatuas de madera).

c. Análisis de la morfología de láminas delgadas de dientes de dinosaurio, determinación del espesor de cada una de las capas del diente y características de cada una.

El análisis de la morfología y composición de una muestra es una técnica muy usada en el análisis de piezas arqueológicas porque con una porción muy pequeña de la muestra se puede obtener esta información en diferentes lugares de la misma y así ir armando el rompecabezas que lleva a la datación u origen o metodología seguida para lograr la pieza bajo estudio.

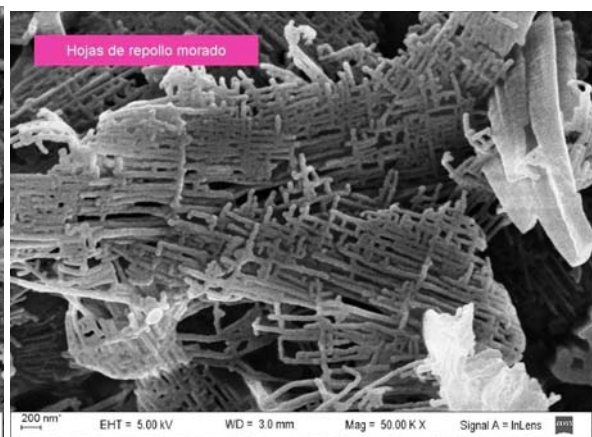
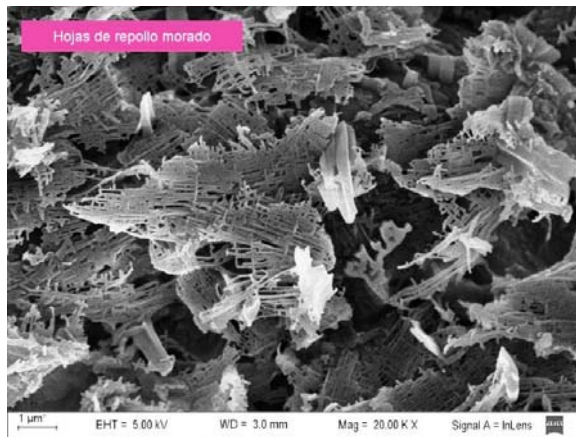
TERCERA PARTE

¿Documentos o fotografía artística?



Fotos varias obtenidas con
SEM Zeiss Supra 40

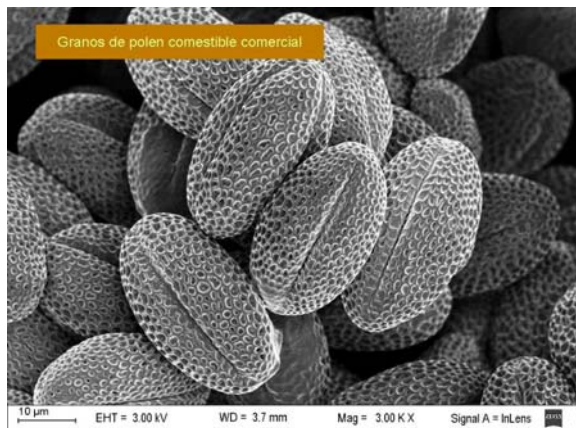
María Claudia Marchi
Centro de Microscopías
Avanzadas (CMA)-FCEN-UBA



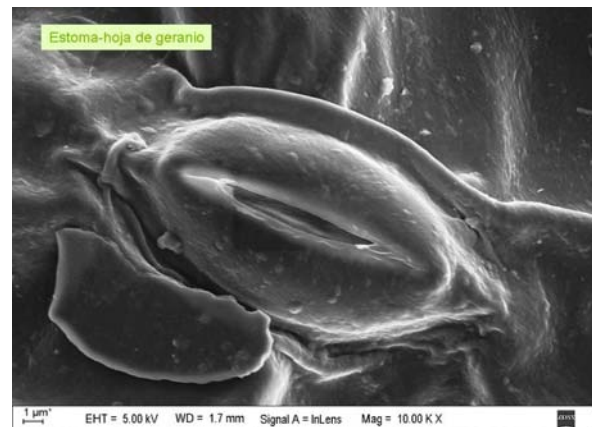
Hojas de repollo morado



Hoja de salvia



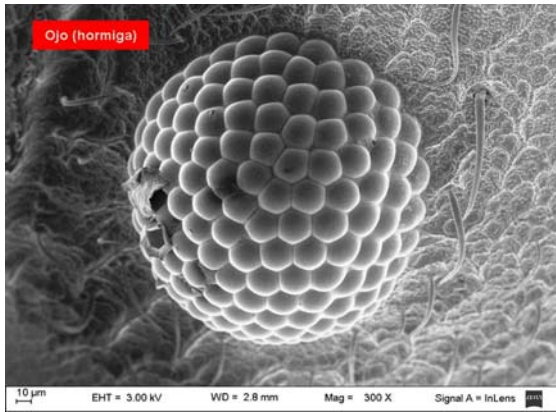
Granos de polen comercial



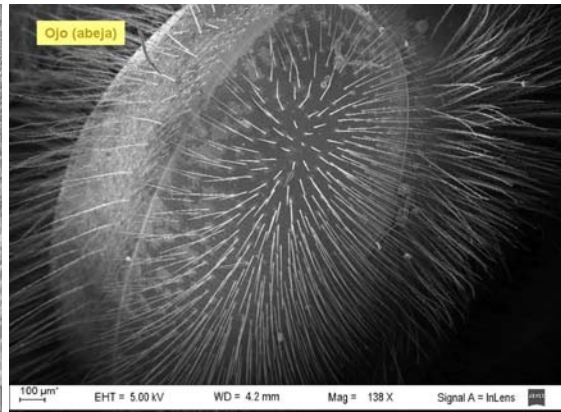
Estoma-hoja geranio

Fotos varias obtenidas con
SEM Zeiss Supra 40

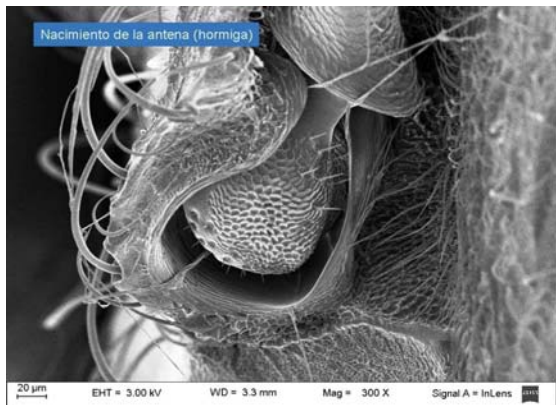
María Claudia Marchi
Centro de Microscopías
Avanzadas (CMA)-FCEN-UBA



Ojo (hormiga)



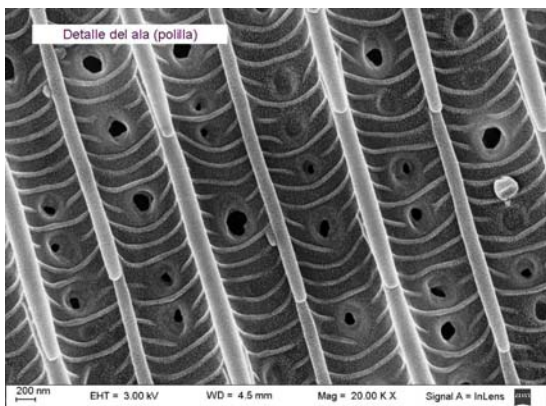
Ojo (abeja)



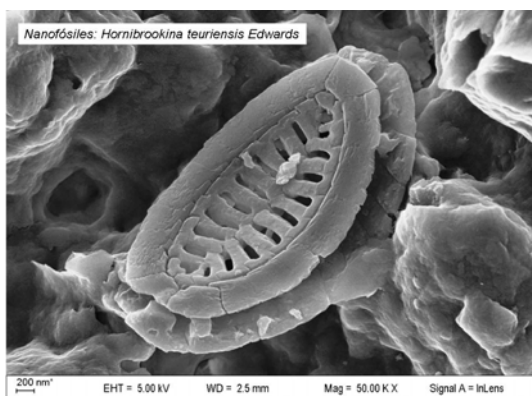
Nacimiento de la antena (hormiga)



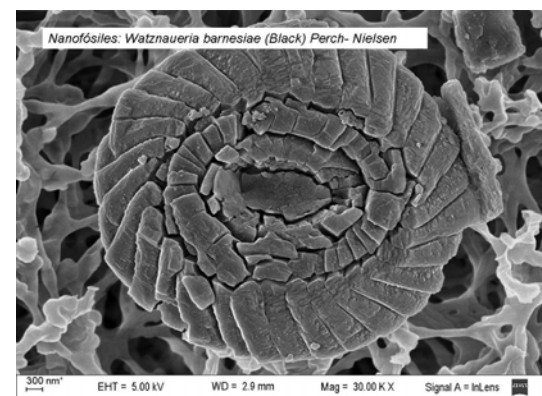
Mosquito



Detalle del ala (polilla)



Nanofósiles: hornibrookina teuriensis Edwards



Nanofósiles: Watznaueria barnesiae (Black) Perch- Nielsen

* Doctora de la Universidad de Buenos Aires, Área Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Docente del Dpto. de Química Inorgánica, Ambiental y Química Física. Investigadora responsable del microscopio electrónico de barrido por emisión de campo (Zeiss SUPRA 40) en el Centro de Microscopías Avanzadas (CMA) en propiedades ópticas de coloides metálicos, transición sol-gel, nanoestructuras de carbono (domos, cápsulas y tubos), películas de TiO_x de estequiometría controlada, propiedades ópticas de Q-Dots, generación de patrones por haz de electrones.

** Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Docente e investigador en el Dpto. de Cs. Geológicas y en el Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Desarrolla actividades de divulgación científica, especialmente desde la perspectiva de “Ciencia y Arte”, dirige el Programa “Aulagea”.