

cicCartuja

centro de  
investigaciones científicas  
isla de la cartuja

# Cuadernos de Divulgación Científica

∞

## Encuentros con la Ciencia

3



# **Cuadernos de Divulgación Científica**

∞

## **Encuentros con la Ciencia**

**3**



INSTITUTO DE CIENCIA DE  
MATERIALES DE SEVILLA



# *Un viaje por el nanomundo y los nanomateriales a través del microscopio electrónico*

GISELA M. ARZAC, M<sup>a</sup> CARMEN JIMÉNEZ DE HARO Y ASUNCIÓN FERNÁNDEZ

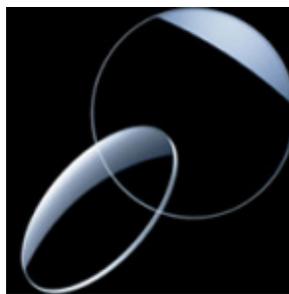
## **Resumen:**

En este artículo, el microscopio electrónico nos abrirá las puertas del nanomundo y su relación con los trabajos que realizamos los científicos que investigamos en el ámbito de la Ciencia de los Materiales. Para ello, haremos un esbozo de lo que es un microscopio electrónico y su relación con su pariente, el microscopio óptico. Luego hablaremos de la nanotecnología, el nanomundo y la nanoescala, y su relación con problemas científicos. Explicaremos cómo funciona un microscopio electrónico y cómo facilita el estudio de casos científicos tanto en ciencias de la vida como en ciencia de materiales. Por último, os contaremos parte del trabajo que realizamos en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, y cómo la microscopía electrónica nos ayuda a comprender ciertos materiales y, por supuesto, a buscar la manera de mejorarlos.

## **Introducción: una herramienta con historia**

El interés por revelar el mundo compuesto por aquello que no se puede ver a simple vista data de la época antigua y siempre ha estado ligado con la construcción de instrumentos o herramientas. La palabra “microscopio” deriva del griego y significa “para ver lo pequeño”.

Si pudieses desarmar un microscopio óptico (tal vez tengas uno en tu casa; si no lo tienes, puedes verlo en la imagen 1), verías que está formado por lentes. Las lentes se llaman así por tener forma de lentejas y están construidas con una geometría y un material que les da la capacidad de alterar o manipular la trayectoria de la luz de manera que se pueda formar una imagen definida (enfocada) y suficientemente grande (magnificada) de aquello que a simple vista no podemos ver. El microscopio óptico se llama así porque opera con luz visible y con lentes de cristal y permitía, allá por los años 1930, alcanzar una magnificación máxima de 1000x, lo que quiere decir que podía ampliar una imagen sólo 1000 veces (hoy día puede ser mejorada con algunos trucos, como lentes mejor construidas).

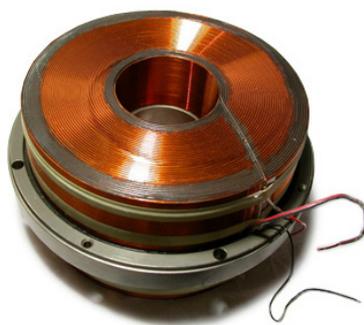
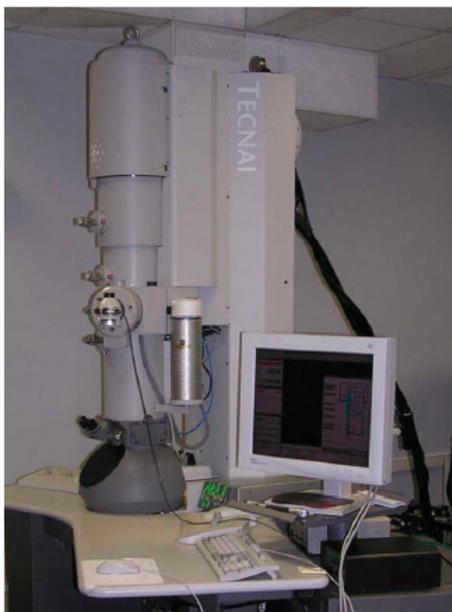


**Fig. 1.** Fotografías de un microscopio óptico (izquierda) y de unas lentes ópticas (derecha).

Sin embargo, por esos años los científicos no se conformaban con la magnificación que les ofrecía el microscopio óptico. Tenían altísimo interés en conocer y llegar a ver detalles más pequeños dentro de la materia, ver el interior de las células, o incluso ver la disposición de los átomos que constituyen los materiales. Para ello necesitaban no sólo conseguir mayor ampliación, sino además usar otra fuente de luz que permitiera ver esos pequeños detalles. A la distancia que puede distinguirse con un microscopio entre dos objetos o detalles se le conoce como poder de resolución, y este parámetro depende de la luz con la que iluminemos los objetos. Para resolver esta limitación, Ernst Ruska y Max Knoll construyeron en 1931 el primer microscopio electrónico de transmisión y desde entonces los científicos, ingenieros y técnicos... no han parado de mejorarlo.

## ¿Cómo funciona el Microscopio electrónico?

El microscopio electrónico no opera con luz visible, sino como lo sugiere el nombre, con electrones. Dentro de la columna de un microscopio electrónico, los electrones viajan a una velocidad cercana a la de la luz (¡unos 23.0000 km por segundo!), e inciden sobre el objeto (la “muestra”), convirtiéndose en una fuente de luz, con un gran poder de resolución, del orden de 1nm (¡0.000000001m!), lo que nos permite adentrarnos hasta niveles insospechables dentro de la materia. Su funcionamiento se puede explicar perfectamente si se piensa en los electrones como una onda electromagnética (al igual que la luz visible) y se “manipula” su trayectoria con lentes electromagnéticas. Estas lentes ya no son de cristal, sino que son piezas de hierro que generan un campo magnético que permite mover y dirigir a los electrones hacia la muestra (puedes ver una lente electromagnética en la imagen 2).



**Fig. 2.** Fotografía de un Microscopio electrónico de transmisión (izquierda) y ejemplo de una lente electromagnética (derecha).

Como los electrones no se pueden ver con el ojo humano, se requiere la utilización de pantallas fluorescentes, que emiten luz visible cuando el electrón las golpea, o dispositivos electrónicos que transforman la señal del electrón en una imagen que resulta visible en una pantalla de TV. ¡Esto no debería resultarte extraño, ya que la TV de tu propia casa también funciona con electrones!

Estos microscopios electrónicos ocupan una habitación entera (mira la imagen 2) y requieren que las personas que lo utilizan estén muy preparadas y que sean muy cuidadosas. Microscopios como estos no se pueden tener en tu casa como los ópticos, no sólo por cuestiones de tamaño, ¡sino porque también se necesita mucho dinero para comprarlo y mantenerlo!

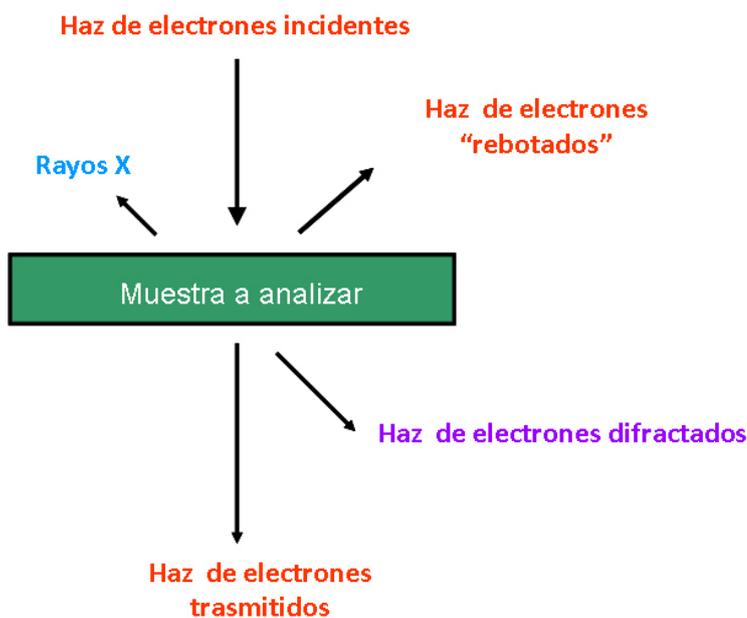
### **Microscopio electrónico: una puerta hacia el nanomundo**

Ya te hemos contado que los microscopios electrónicos permiten obtener imágenes de cosas muy pequeñas, que no se pueden ver con un microscopio óptico. Típicamente se pueden ver cosas que se encuentran en la nanoescala. Seguramente ya has oído alguna vez términos como nanotecnología, nanomedicina, nanoescala, etc. El nanomundo o la nanoescala es el mundo de aquellas cosas que tienen un tamaño que no supera los 100nm (¡0.0000001m!). En el nanomundo residen muchísimas entidades que interesan a los estudiosos tanto de las ciencias de la vida como, los virus, bacterias, componentes celulares y proteínas, como de la ciencia de los materiales: catalizadores, recubrimientos, dispositivos micro-electrónicos ó transistores.

### **Qué se puede hacer con un microscopio electrónico cuando se investiga en Ciencia de Materiales**

En Ciencia de Materiales muchas veces interesa obtener un material nuevo que sea mejor en uno o varios aspectos que el que se utiliza normalmente para cumplir una determinada función. Muchas veces, para poder

imaginarse cómo sería ese nuevo material, se necesita conocer en profundidad una serie de características del viejo material que lo hacen comportarse de tal o cual manera. Gran parte de esta información se puede obtener mediante microscopía electrónica con muy poca cantidad de material, y muchas veces sin demasiada preparación. En la imagen 3 hemos dibujado el haz de electrones que llega a la muestra y algunos de los eventos principales que ocurren luego. Cuando se forman imágenes ampliadas utilizando los electrones transmitidos, da lugar a la Microscopía Electrónica de Transmisión (MET). Cuando se utilizan los electrones “rebotados” por la muestra, da lugar a la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). A su vez, las ondas electrónicas pueden dar interferencias (que llamamos “difracción”) y si los componentes de la muestra están ordenados o no. Dado que los electrones que llegan a la muestra están acelerados a tan altas velocidades, tienen mucha energía y pueden arrancar electrones de los átomos en la muestra. El estudio de la pérdida de energía de los electrones al atravesar la muestra y de la emisión de rayos X que se produce en el material permiten determinar la composición y estado químico de los elementos en la muestra en la escala microscópica y hoy día en áreas más pequeñas que 1 nm.

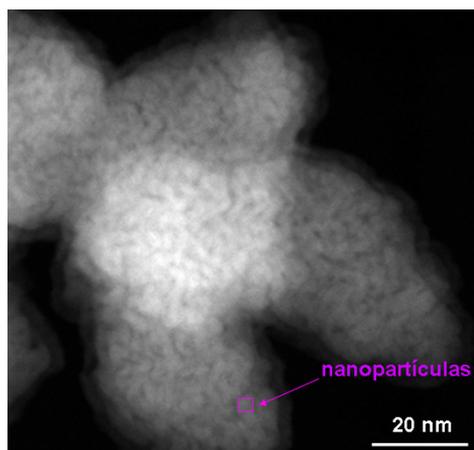


**Fig. 3.** Esquema de cómo interactúan los electrones con la muestra.

En el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla investigamos para desarrollar toda la potencialidad del microscopio electrónico de transmisión como una multi-herramienta que nos permite desvelar la microestructura y la composición química de un material en la nanoescala. Vamos a ilustrarlo con algunos ejemplos:

- Un catalizador más barato para producir hidrógeno

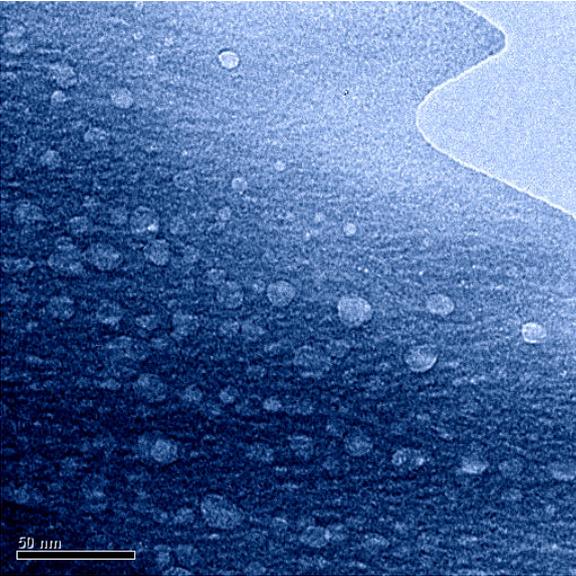
La aplicación masiva de energías renovables requiere un vector de transporte y almacenamiento de energía y una alternativa a las baterías es el hidrógeno. Los mejores catalizadores en las reacciones de generación de hidrógeno están formados por pequeños cristales (nanopartículas) de metales nobles o escasos (muy caros también) como platino, rutenio o paladio. En la imagen 4 puedes ver un catalizador alternativo combinando en la nano-escala un metal más abundante y barato como el cobalto y un metaloide como el boro.



**Fig. 4.** Micrografía de un catalizador para la producción de hidrógeno basado en nanopartículas.

#### - Estructuras nanoporosas a la carta

Recientemente hemos desarrollado y patentado un método para fabricar estructuras nanoporosas que podemos controlar como queramos. En la imagen 5 puedes ver una capa de oxinitruro de silicio (un componente para microelectrónica) de manera que introduciendo nanoburbujas podemos controlar a medida las propiedades ópticas y eléctricas del material. Estas nanoburbujas están llenas de nitrógeno y esto podemos saberlo gracias al microscopio electrónico.



**Fig. 4.** “Estructuras nanoporosas a la carta”. Micrografía de un material que contiene Nanoburbujas capaces de cambiar sus propiedades.

#### **Conclusiones:**

La microscopía electrónica es una multi-herramienta que permite resolver problemas en varios campos de la ciencia. En particular, en Ciencia de Materiales podemos obtener variada y valiosa información de los materiales en la nanoescala. Esa información es utilizada por los científicos para desarrollar nuevos materiales o simplemente mejorar los conocidos.

#### **Bibliografía que consultamos para preparar este artículo:**

- Z.L. Wang: *New Developments in Transmission Electron Microscopy for Nanotechnology*, Advanced Materials, 2003, 18, 1497.
- J.J. Fernández, J.M. Valpuesta, Single Particle EM, En: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley and Sonds, Ltd: Chichester.

#### **Para saber más:**

Si te interesa experimentar con un microscopio electrónico virtual:

[www.discoveryeducation.com/teachers/free-lesson-plans/virtual-electron-microscope.cfm](http://www.discoveryeducation.com/teachers/free-lesson-plans/virtual-electron-microscope.cfm)

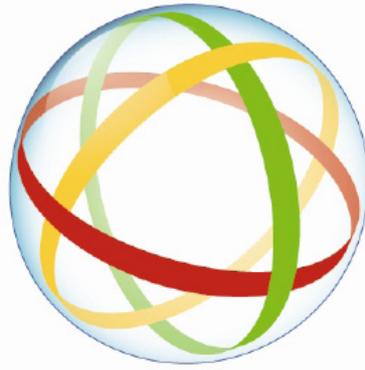
Para darte una idea de lo que es la nanoescala en relación a objetos conocidos:

[learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/scale/](http://learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/scale/)

Para consultar un atlas de muestras biológicas vistas al microscopio electrónico:

[www.uni-mainz.de/FB/Medizin/Anatomie/workshop/EM/EMEuchromatinE.html](http://www.uni-mainz.de/FB/Medizin/Anatomie/workshop/EM/EMEuchromatinE.html)





cicCartuja

**Avda. Américo Vespucio, 49  
Isla de la Cartuja  
41092 Sevilla**

**T. +34 954 489 501  
F. +34 954 460 165**

**[www.ciccartuja.es](http://www.ciccartuja.es)  
[ciccartuja@ciccartuja.es](mailto:ciccartuja@ciccartuja.es)**