



# VIENDO **con** ELECTRONES

**Dayana Meza Terraza\***, **Juan Camilo Martínez Molina\*\***, **Sergio Estrada Mira.\*\*\***

El Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales - CIDEMAT y el Grupo Ingeniería de tejidos y terapias celulares, utilizan el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM por sus siglas en inglés) para ver superficies diminutas. He aquí una crónica de las posibilidades que se abren con esta tecnología.

\*Dayana Meza Terraza, Grupo Ciencia de los materiales (CIDEMAT)

\*\*Juan Camilo Martínez Molina, Grupo Ingeniería de tejidos y terapias celulares

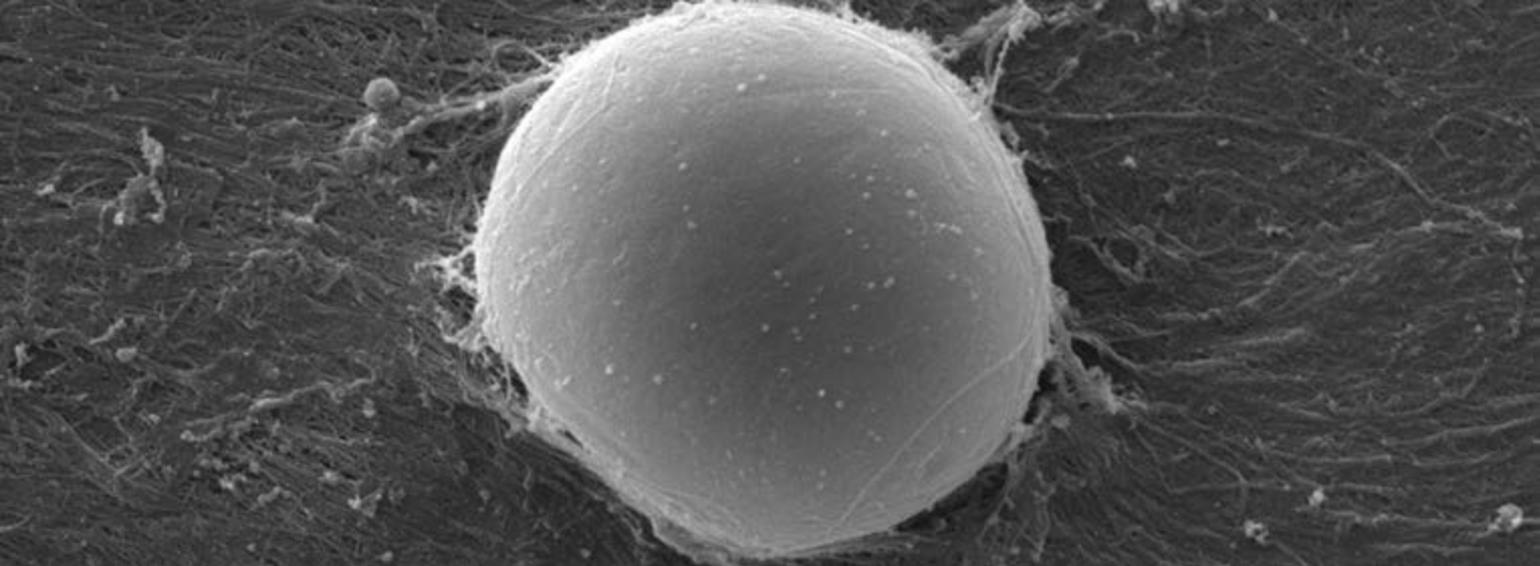
\*\*\*Sergio Estrada Mira, Grupo Ingeniería de tejidos y terapias celulares

De la misma forma que los telescopios nos han permitido observar las maravillas celestes lejanas, con sus planetas, cometas y estrellas, los microscopios nos permiten observar cosas pequeñas y cercanas que no podemos ver a simple vista.

El mundo microscópico es vasto y en él habitan objetos y seres vivos tan extraños como fascinantes. Fue descubierto hace más de trescientos años por Anton van Leeuwenhoek, un comerciante de telas holandés, que construía sus propios microscopios. Los primeros microscopios eran sistemas simples de lentes capaces de magnificar la luz que se refleja de las superficies de ese pequeño mundo. Al igual

que una lupa, tenían limitaciones y no era posible observar con gran detalle. De hecho, pueden observarse con un microscopio cosas tan pequeñas como la longitud de onda de la luz utilizada. Pero ¿qué hay más pequeño que la luz?

La luz visible está formada por partículas elementales llamadas fotones; sin embargo existen otras partículas pequeñas, los electrones, que orbitan alrededor de los núcleos de los átomos. Un grupo de científicos e inventores creó un microscopio que, en vez de luz, utiliza electrones para ver más allá de lo que el hombre había visto permitiendo expandir los límites de la ciencia y, como Magallanes y Colón,



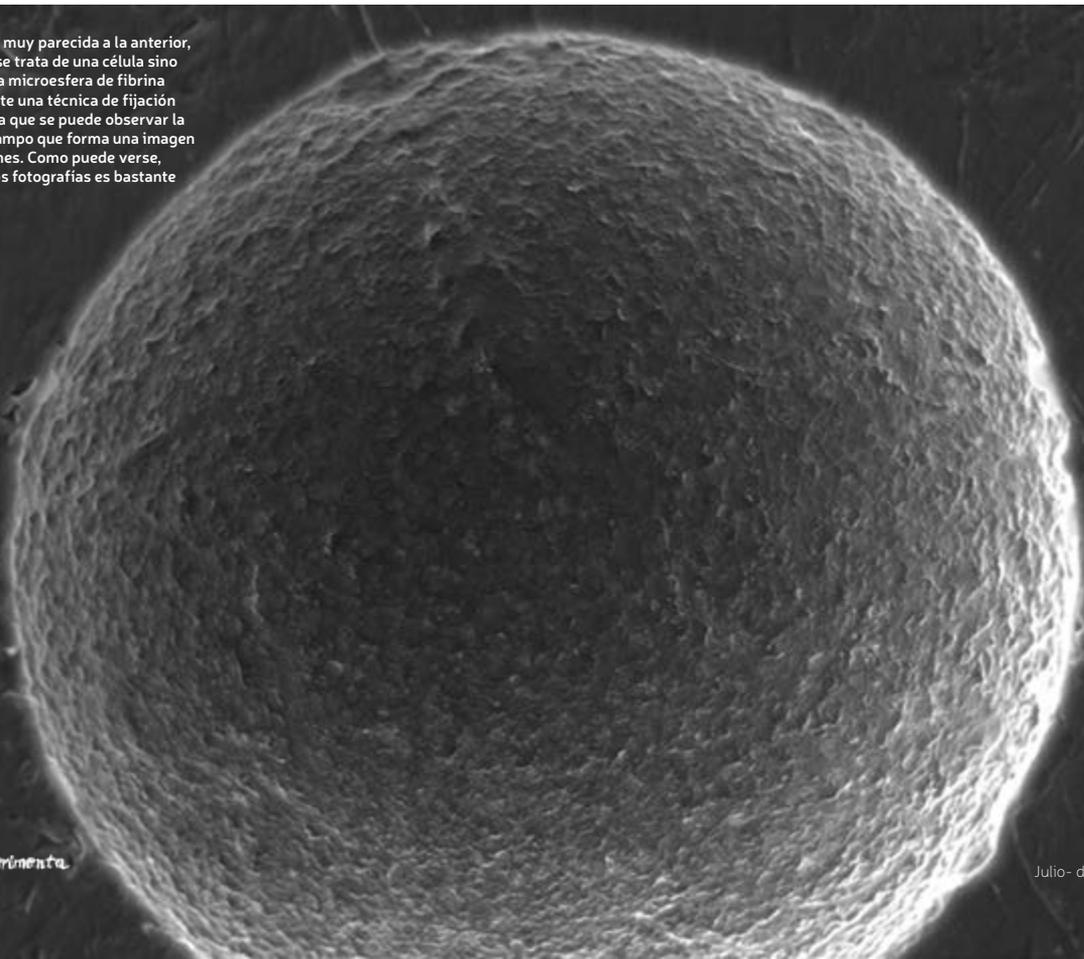
Esta, por ejemplo, es la imagen de un condrocito, una célula del cartilago tiroideo de un cerdo.

explorar nuevas facetas del universo. Esto es posible porque puede lograrse que la longitud de onda de los electrones sea mucho menor que la de la luz visible. Estos instrumentos son capaces de magnificar objetos hasta 300.000 veces. Algo así como ampliar la cabeza de un alfiler hasta alcanzar el tamaño de una mesa de comedor. Los microscopios de electrones permiten caracterizar cristales, materiales, microorganismos y células a escala micro- y nanométrica. Las imágenes que con ellos se obtienen son bastante populares; en blanco y negro las encontramos en muchas revistas científicas.

Estos microscopios son de dos tipos. Los de

transmisión (TEM, por sus siglas en inglés de *Transmission Electronic Microscope*) emiten un haz de electrones capaz de atravesar una muestra de corte ultrafino (más que el que podemos obtener con cuchillos y herramientas convencionales) que es detectado por un sensor al otro lado de la muestra. En contraste, los microscopios electrónicos de barrido (SEM, por sus siglas en inglés de *Scanning Electronic Microscope*) bombardean la muestra con electrones; aquellos que son reflejados o dispersados en la muestra llegan a un sensor que -a diferencia del de transmisión- se encuentra a uno de los lados y son reconstruidos digitalmente en forma de una imagen.

Esta fotografía es muy parecida a la anterior, aunque ahora no se trata de una célula sino de la huella de una microesfera de fibrina -obtenida mediante una técnica de fijación con parafina- en la que se puede observar la profundidad de campo que forma una imagen en tres dimensiones. Como puede verse, la escala de las dos fotografías es bastante diferente.



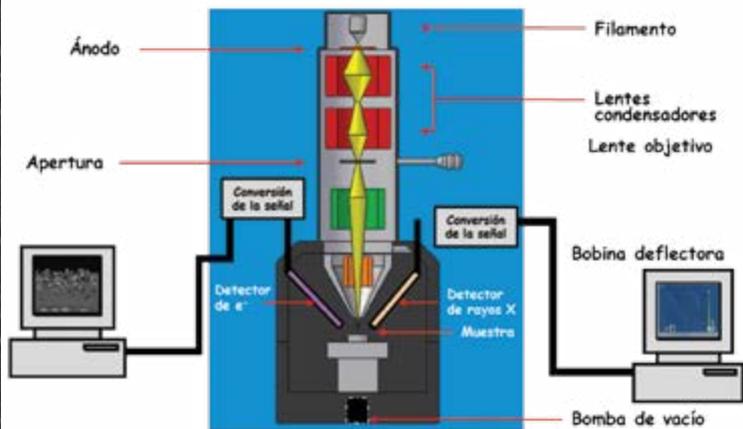


Figura 1. Esquema del SEM

Los TEM permiten visualizar el interior de las células y dan imágenes en dos dimensiones, mientras que los SEM permiten ver las superficies y, gracias a su profundidad de campo, generan imágenes en tres dimensiones de una altísima resolución.

### ¿Cómo funciona un microscopio electrónico de barrido?

Como hemos mencionado, el SEM utiliza electrones para formar una imagen. Un haz de electrones se produce en la parte superior del aparato al estimular eléctricamente un filamento de tungsteno; el haz



Fotografía del SEM de la Universidad de Antioquia en la Sede de Investigación Universitaria.

en dos ejes perpendiculares, para explorar un área superficial de la muestra.

Al impactar el haz de electrones sobre la muestra se genera una variedad de señales en la superficie del espécimen. Estas, que se derivan de las interacciones de los electrones con la muestra, dan información acerca de la morfología o topografía de la superficie y de su composición química, entre otras (ver Figura 2).

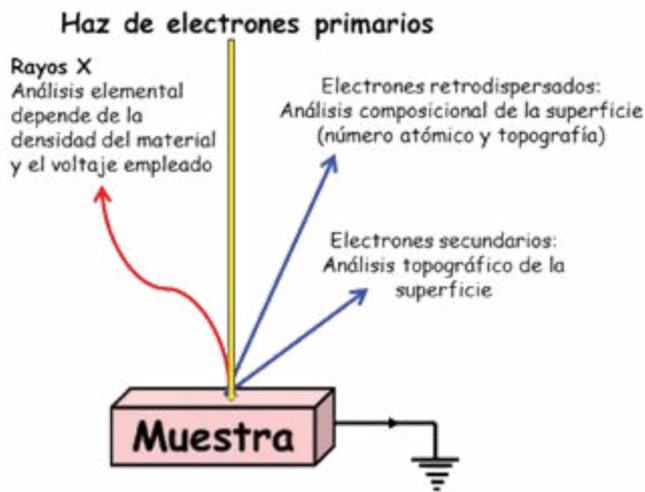
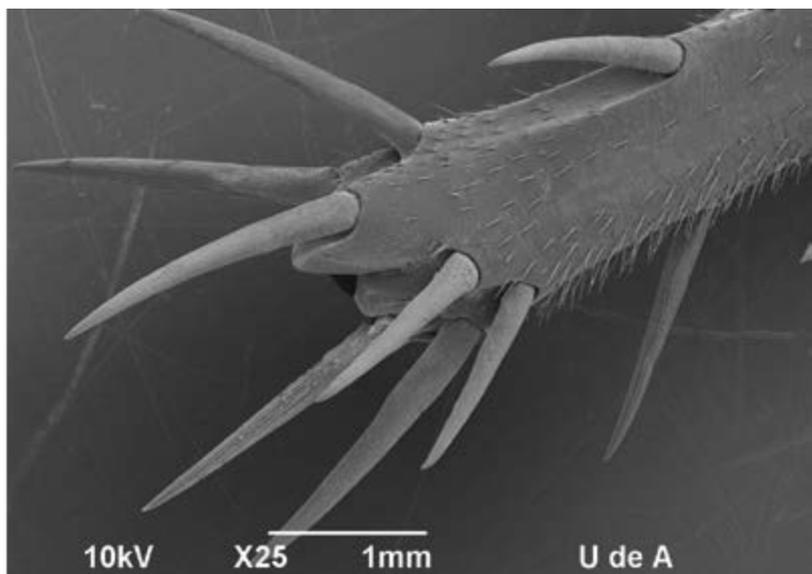


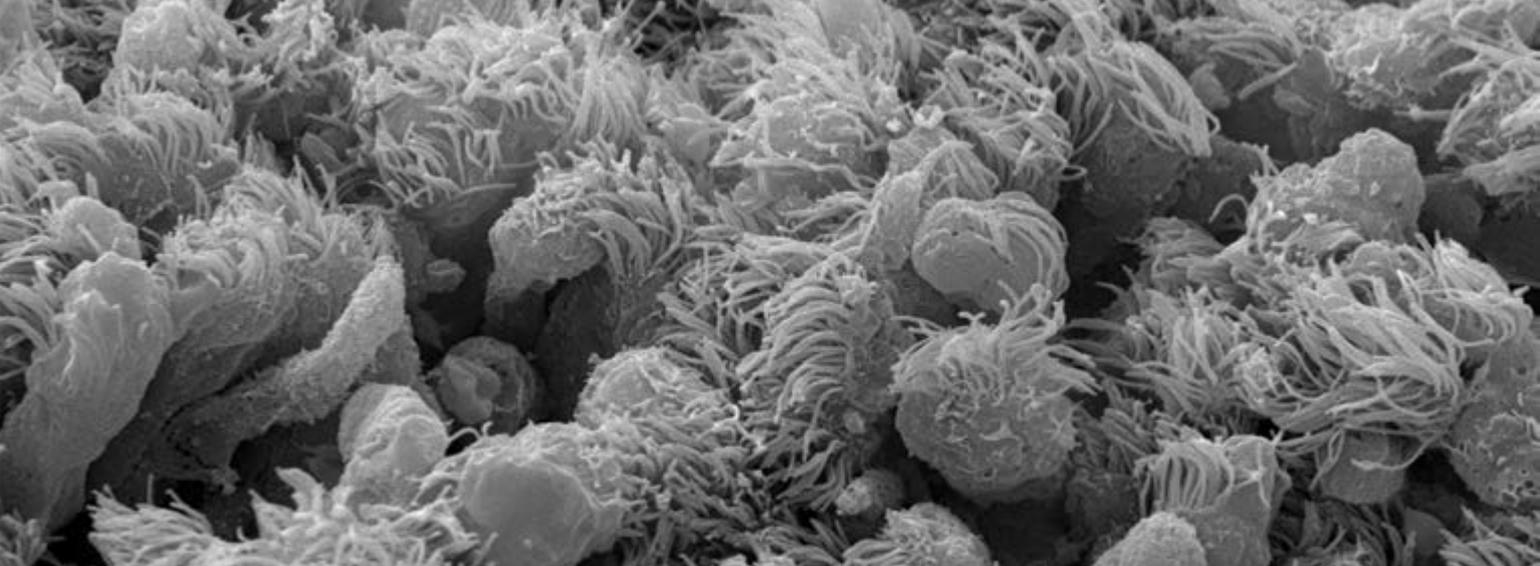
Figura 2

sigue una trayectoria vertical a lo largo de la columna del microscopio, la que contiene una serie de lentes electromagnéticas que confinan y dirigen el haz de electrones hacia la muestra. Este flujo de electrones es canalizado por un sistema de bobinas o un par de placas deflectoras que cambian la dirección del haz



¿Quién se imagina que esta es una pata de cucaracha vista en el SEM?

Diferentes detectores recogen las señales, y las convierten en otras que son enviadas a una pantalla similar a la de un televisor normal, donde se genera una imagen que al ser procesada digitalmente se presenta en un monitor de computador.



Cualquiera diría que es una fotografía de un arrecife con anémonas buscando alimento en el mar, pero en realidad son cilias del epitelio respiratorio de la tráquea de un cerdo.

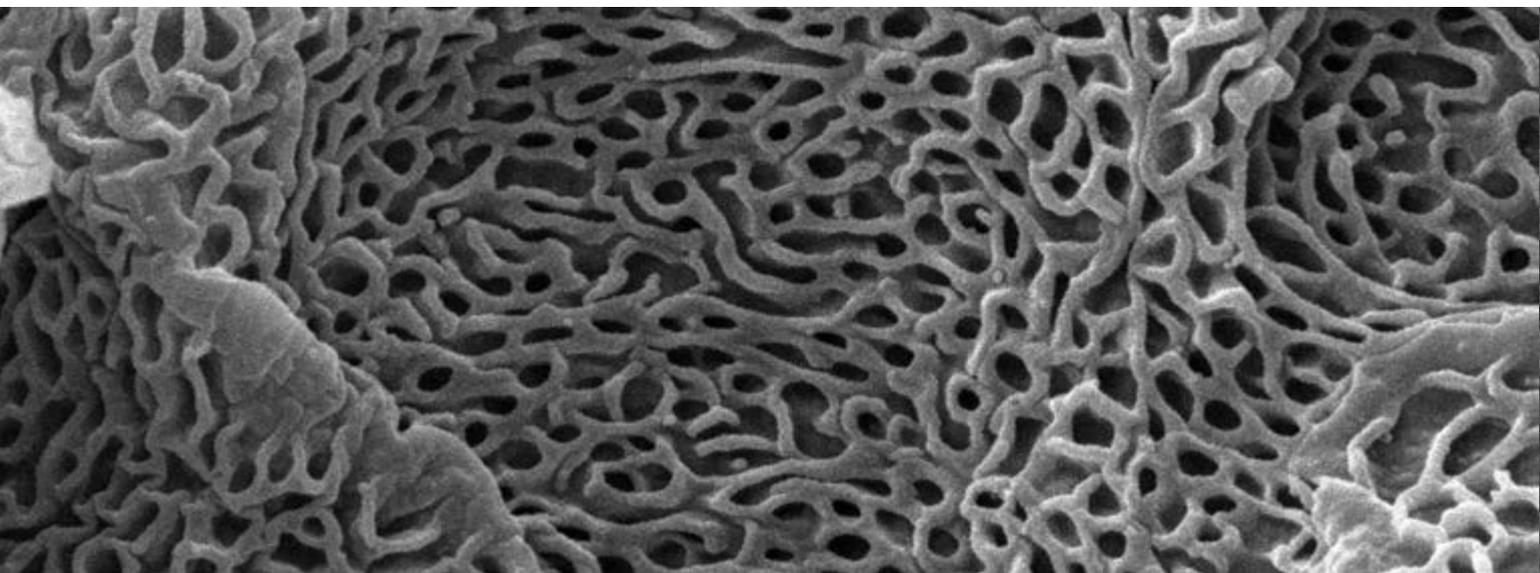
La resolución espacial del SEM depende del tamaño del haz (*spot*) de electrones, que depende de su longitud de onda y del sistema opto-electrónico que genera el haz de exploración.

La resolución oscila entre 1 y 20 nm (1 nanómetro -nm- es una millonésima de milímetro), lo que implica un aumento de los detalles de la muestra entre 30 y 300.000 veces.

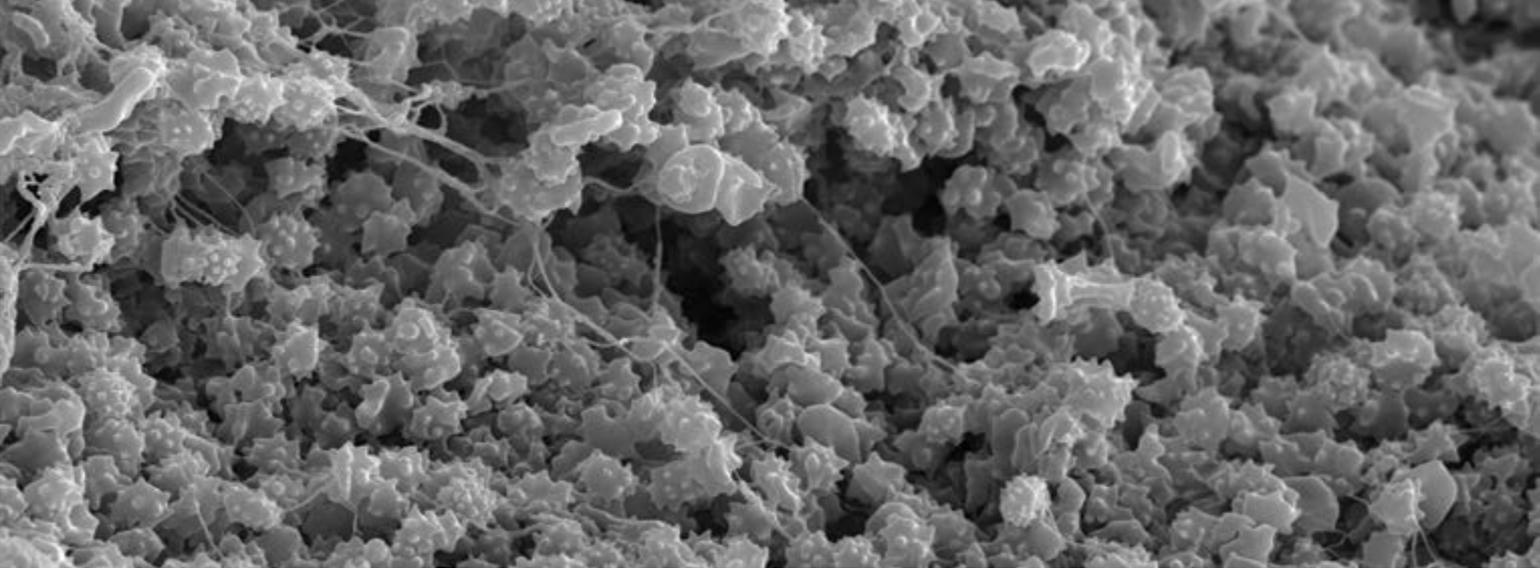
Las señales son el resultado de interacciones del haz de electrones con los núcleos atómicos cercanos a la superficie de la muestra. El tipo de señales producidas por un SEM incluye electrones secundarios, retrodispersados (o BSE, siglas de *Back-Scattered-Electron*) y emisión de rayos X.

Estos microscopios nos han permitido ver una nueva cara del mundo microscópico e incluso del mundo visible, con sus microorganismos como titanes que reinan en este cosmos a pequeña escala y con efectos que se notan en lo que vemos todos los días.

El SEM ha permitido observar la superficie de las células y cómo esta superficie es vital para su función. Por ejemplo, en algunas partes del aparato respiratorio (laringe, tráquea, bronquios y pulmones) hay unas células ciliadas (se les dio este nombre porque tiene estructuras similares a las cerdas de una escoba, llamadas cilias). Estas estructuras pueden observarse en el SEM y se sabe que sirven para barrer el moco y con él otras partículas y microorganismos que a veces pueden generar enfermedades.



No es un coral, es mucosa esofágica evaluada por SEM. Obsérvese la escala: 1 micrón (1 millonésima de metro).



En la sangre hay plaquetas y glóbulos rojos; así se observan en el SEM cuando están atrapados en una red de fibrina.

La microscopía electrónica ha permitido estudiar un sinfín de células y tejidos en nuestro organismo. Su alta resolución nos ha llevado a descubrir estructuras que no se conocían.

En el esófago, por ejemplo, un órgano con forma de tubo que entre otras funciones transporta la comida desde la faringe hasta el estómago, se encontraron con el

SEM (hace menos de 30 años) unas estriaciones en las células que parecen pequeñas montañas formando cordilleras. Todavía no se sabe para qué sirven,

pero se cree que son repliegues de membrana que servirían para que las células no se rompan cuando pasa la comida, similar a lo que le pasa al acordeón cuando lo estiran al máximo; en nuestro caso sin la música, por desgracia.

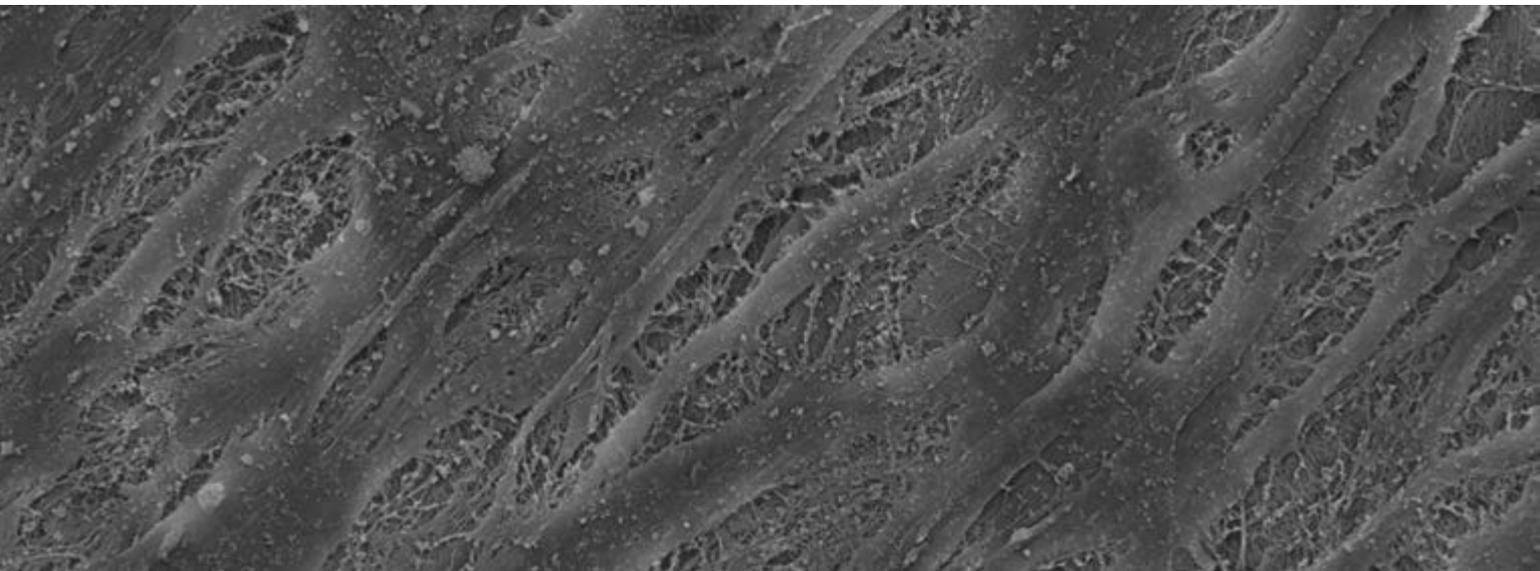
---

## **Los microscopios electrónicos son capaces de magnificar objetos hasta 300.000 veces. Algo así como ampliar el tamaño de la cabeza de un alfiler hasta alcanzar el equivalente al de una mesa de comedor**

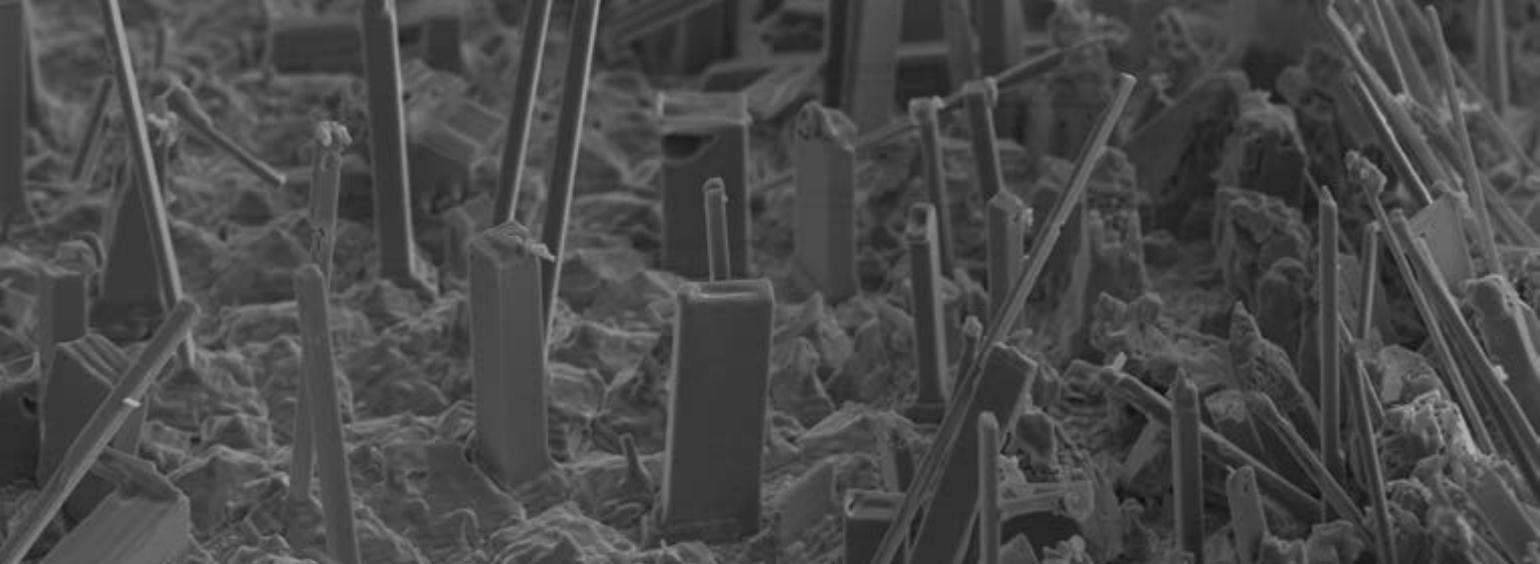
---

Esta apasionante tecnología nos abre las puertas de un nuevo mundo desconocido. Con el SEM podemos observar y evaluar cómo las células se incorporan a

superficies de cultivo celular, se puede observar cómo poco a poco se van adhiriendo, usando parte de su membrana como si fueran bracitos pegados a las superficies.



Y esto ¿a qué se parece? Es un cultivo de células de la piel sobre un gel de fibrina.



---

**No son edificios de una ciudad que acaba de ser devastada, lo que ves en la imagen superior son cristales de sal en una preparación para SEM; aunque provienen de un error en el secado de la muestra, ¿no es cierto que se ven hermosos?**

---



Para las muestras poco conductoras como las biológicas, es necesario recubrirlas con un material conductor, y el mejor para estos casos es el oro. Aquí vemos algunas partes de artrópodos recubiertas con oro listas para ser vistas a través del SEM.



Las muestras biológicas se fijan en alcohol para su conservación y extraerles el agua, y así visualizarlas adecuadamente en el SEM.

Con el SEM se pueden evaluar nuevas superficies (algo así como los andamios de un edificio) cuyo estudio puede revolucionar la forma como nuestros médicos tratan problemas tan comunes como los de las articulaciones y tan desastrosos como nacer sin algún órgano. Estos andamios pueden ser caracterizados por su porosidad, por el diámetro de sus fibras y la forma como estas se organizan; esto ayuda a determinar de qué forma estas características afectan o influyen en el crecimiento de las células; es como averiguar cómo debe ser el nido de las células para que estas puedan crecer mejor. ✂

---

**La microscopía electrónica ha permitido estudiar un sinfín de células y tejidos en nuestro organismo. Su alta resolución nos ha permitido descubrir estructuras que no se conocían.**

---



Las muestras que se analizan en el SEM se visualizan en la pantalla de un computador.

## GLOSARIO

**Lente electromagnética:** disposición particular de campos eléctricos y magnéticos que permite enfocar un haz de partículas cargadas, en particular electrones, que viajan en el interior de un microscopio electrónico. La geometría de estos campos es generada por placas cargadas y bobinas.

**Fotones:** partículas constituyentes de la luz. En los microscopios ópticos se utilizan sus propiedades ondulatorias.

**Electrones:** partículas que hacen parte de los átomos. Se les puede disponer en forma de chorro, caso en el cual sus propiedades ondulatorias son utilizadas en el TEM o el SEM. Todas las partículas elementales presentan características ondulatorias y corpusculares.