

Transmission Electron Microscopy (TEM)

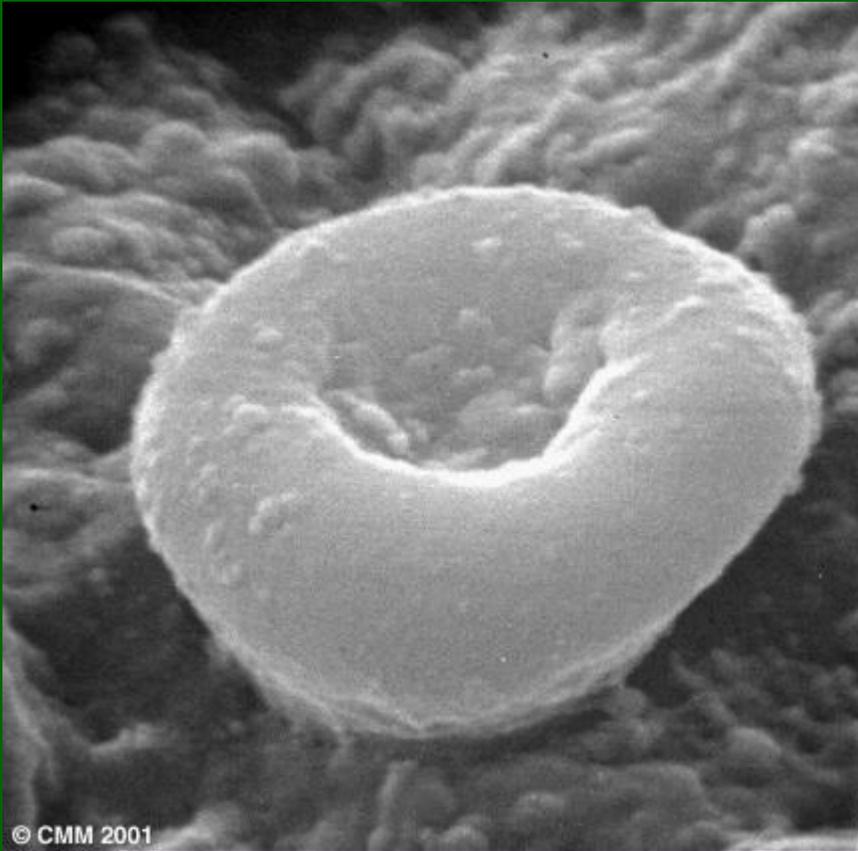
Permite determinar la estructura interna de materiales inclusive biológicos.

Materiales para TEM deben prepararse especialmente para espesores que permitan transmitir los e- a través de la muestra.

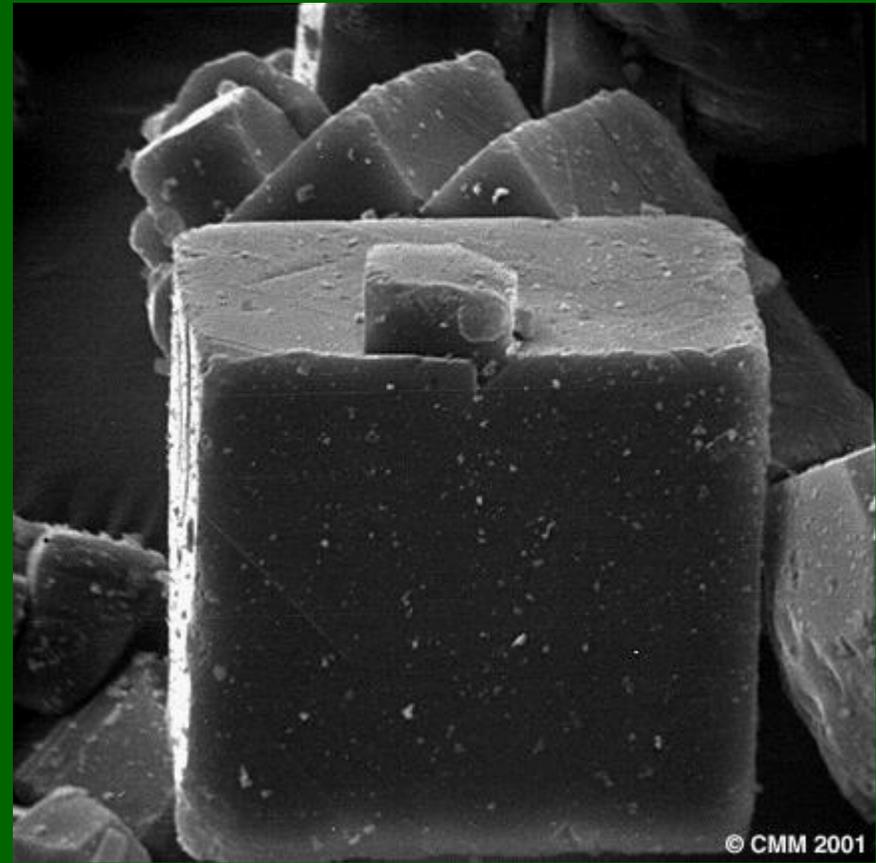
Debido a que λ de los e- es $\ll \lambda$ luz, la resolución óptima adquirida para imágenes TEM es varios órdenes de magnitud $>$ Microsc. óptico.

TEM muestra detalles de la estructura interna, magnificaciones x350,000 (imágenes de átomos pueden obtenerse con x15 millones)

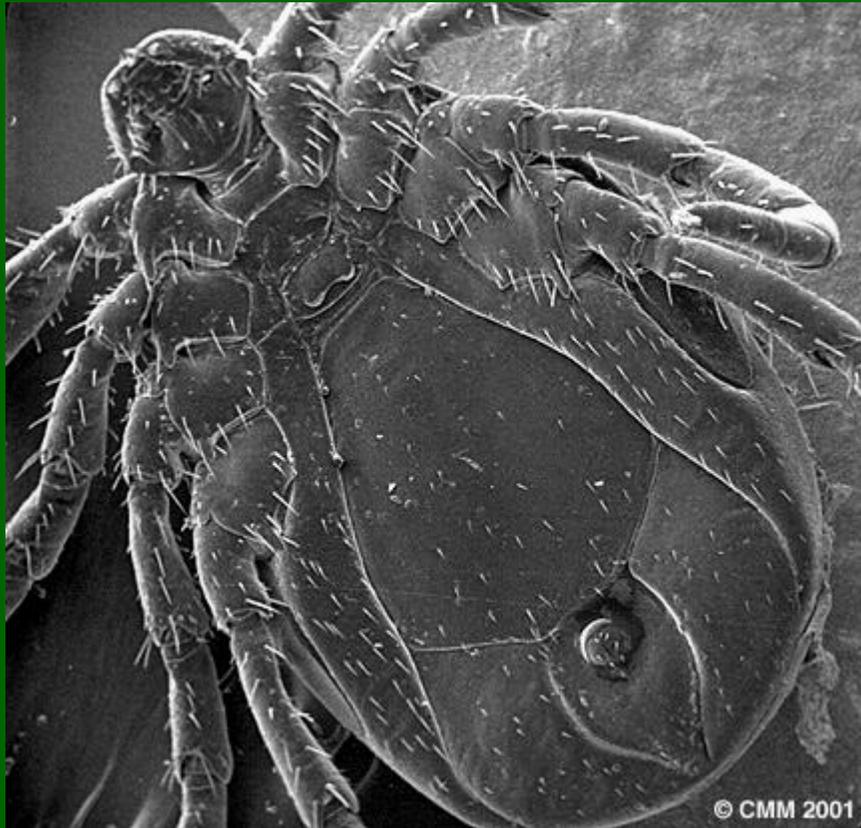
La E de los e- en TEM determina el grado de penetración en una muestra. $E = 400$ kV, provee condiciones para la observación de muestras relativamente gruesas ($< 0,2 \mu\text{m}$).



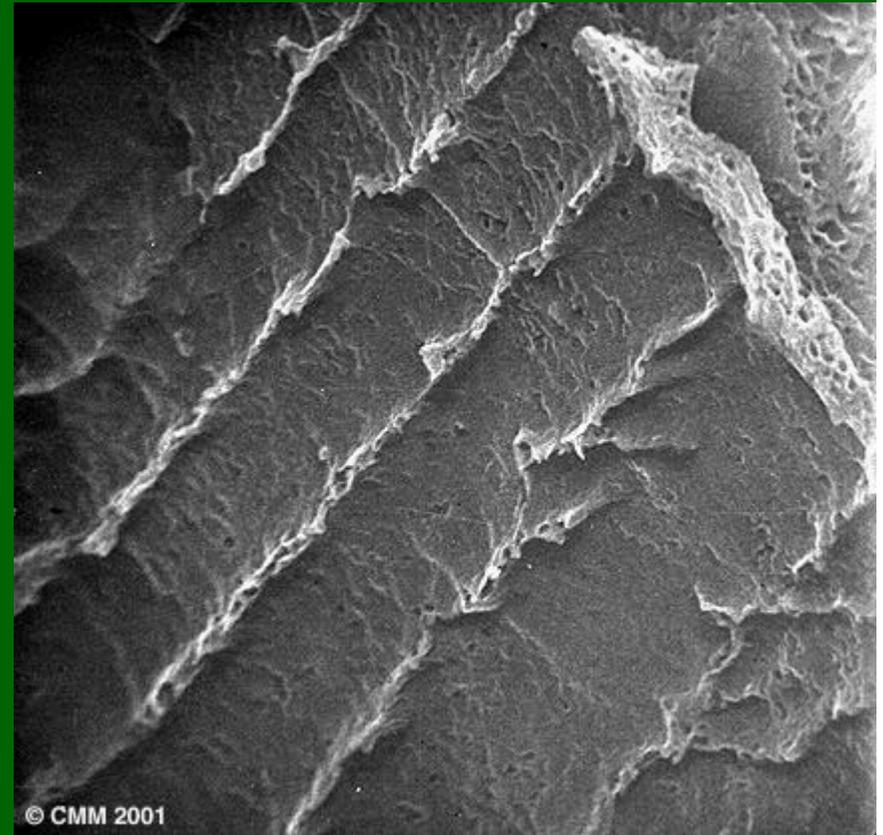
Célula de la sangre



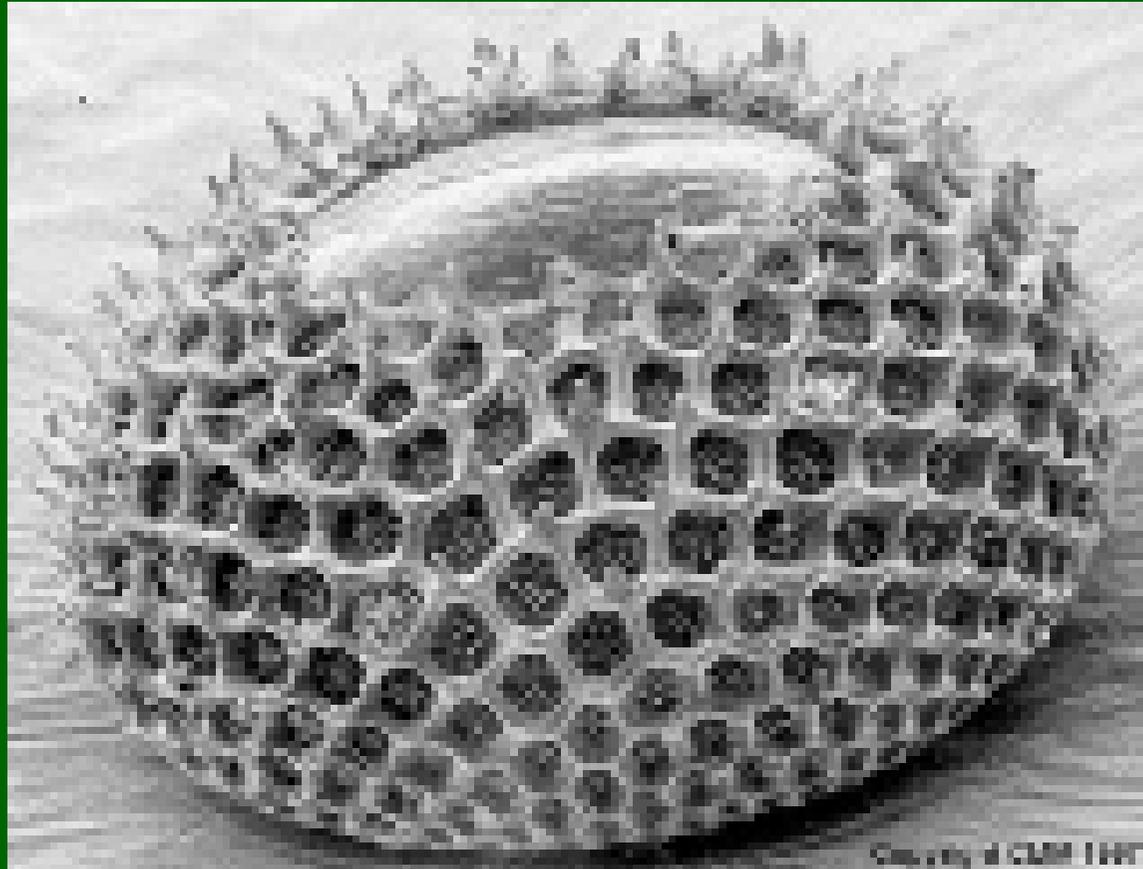
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



garrapata



Piel humana



Huevo de mariposa



TEM con resolución
analítica de 1 nm

Scanning Electron Microscopy (SEM)

Permite el estudio de la morfología y composición de materiales físicos y biológicos.

Análisis de la composición puede obtenerse mediante el monitoreo de los rayos X producidos por la interacción de la muestra con los e-



Scanning Electron Microscopy (SEM)

Cuando el haz primario de e^- (10-50 keV) es barrido sobre la sup., electrones de un amplio intervalo de E serán emitidos desde la región donde incide el haz.

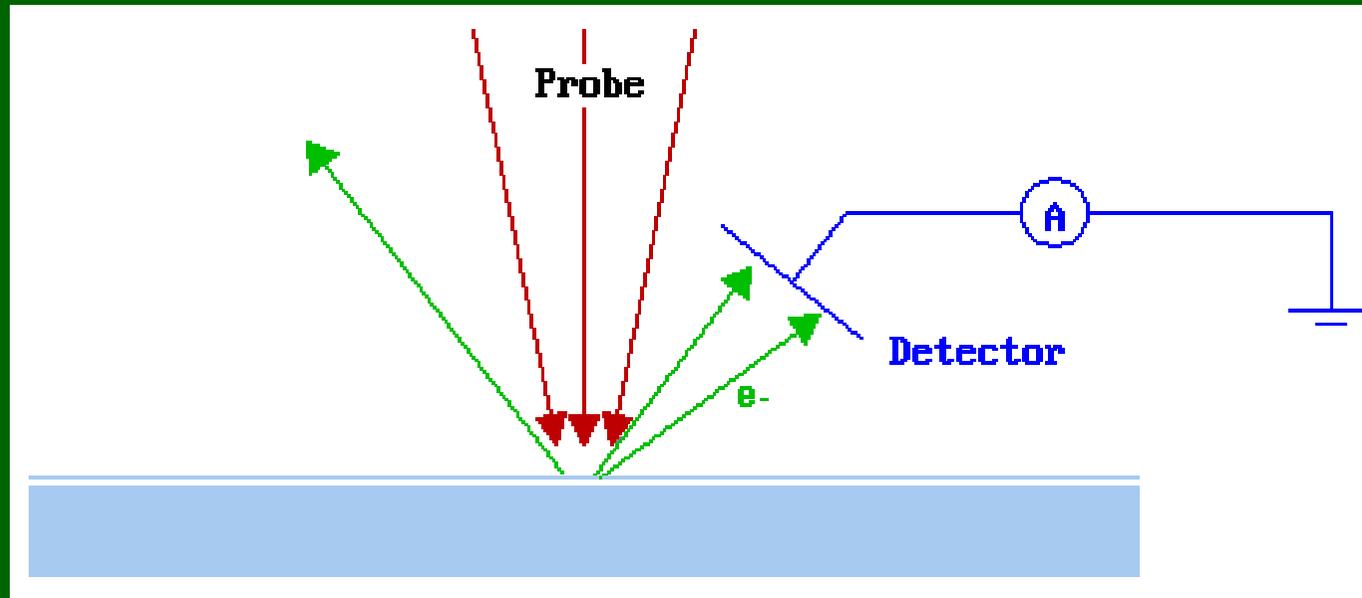
Electrones emitidos

- e^- primarios retrodispersados*
- e^- Auger*
- e^- secundarios (mayoría)*

Los e^- secundarios son formados en procesos de múltiple dispersión inelástica.

Imagen del microscopio \Rightarrow representación de I (corriente de e^- secundarios en el detector) vs posición en la sup.

Micrografías \Rightarrow a partir de varios mecanismos, fundamentalmente de la topografía de la sup. (imagen de la estructura real de la superficie)



La resolución está limitada por el tamaño mínimo del punto que se obtiene con el haz incidente de e^- y por la dispersión de este haz al interactuar con el sustrato. Resolución 5nm.

Microscopio electrónico de barrido

La **fente** es una lámpara de W ó LaB_6 (1-50 keV) que producen $I=1\text{pA}-1\mu\text{A}$ enfocada a un diámetro de **1-100nm** con lentes electrostáticas.

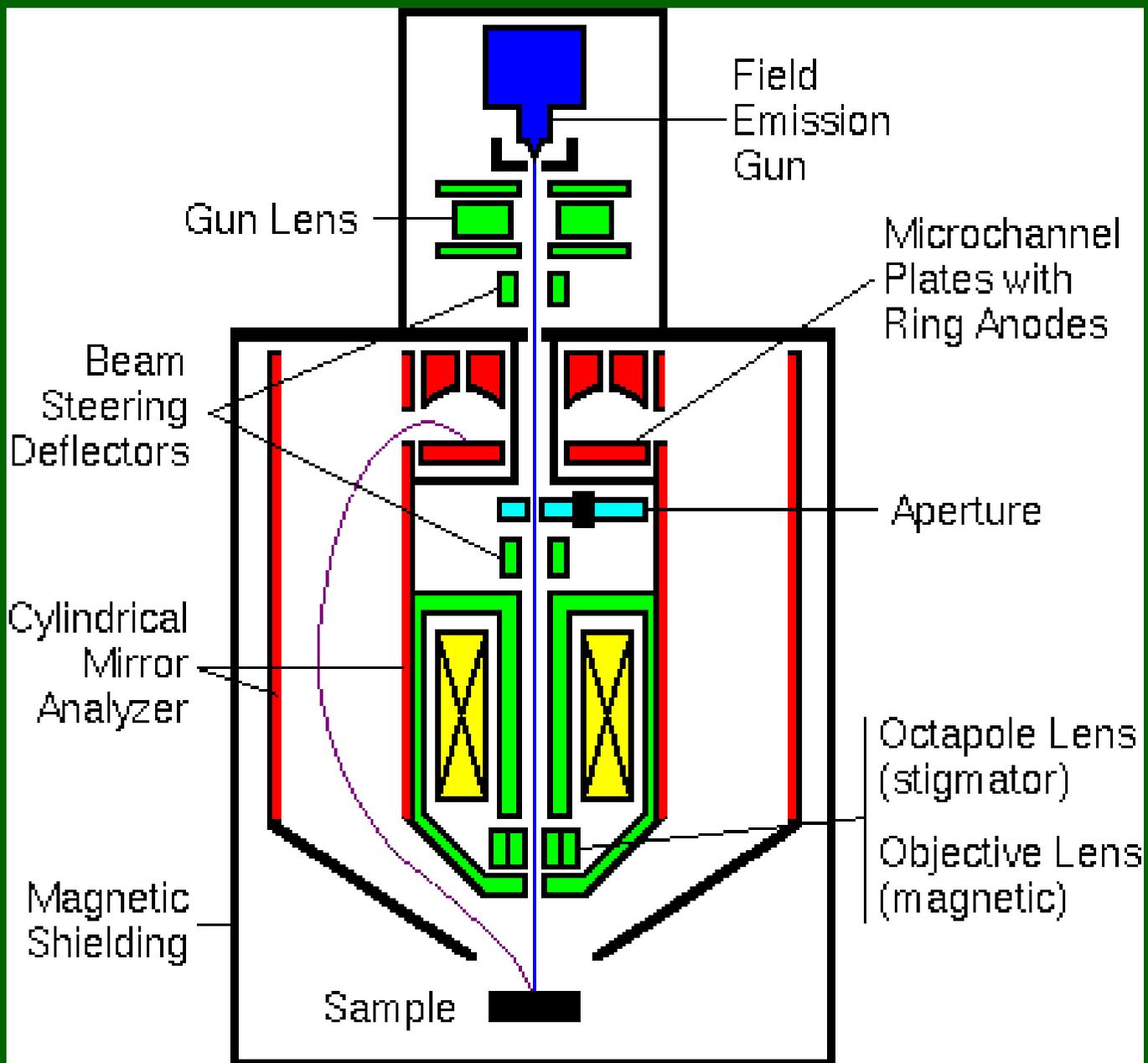
Mediante un generador de barrido, se recorren líneas y áreas de ese punto en la superficie.

Los **e- secundarios** que emergen tienen baja E_k (10 eV) y son acelerados por un potencial de varios 100 V para la detección con un cristal centellador o semiconductor.

Los **e- retrodispersados** (E_k idem a los e- primarios) son detectados sin aceleración.

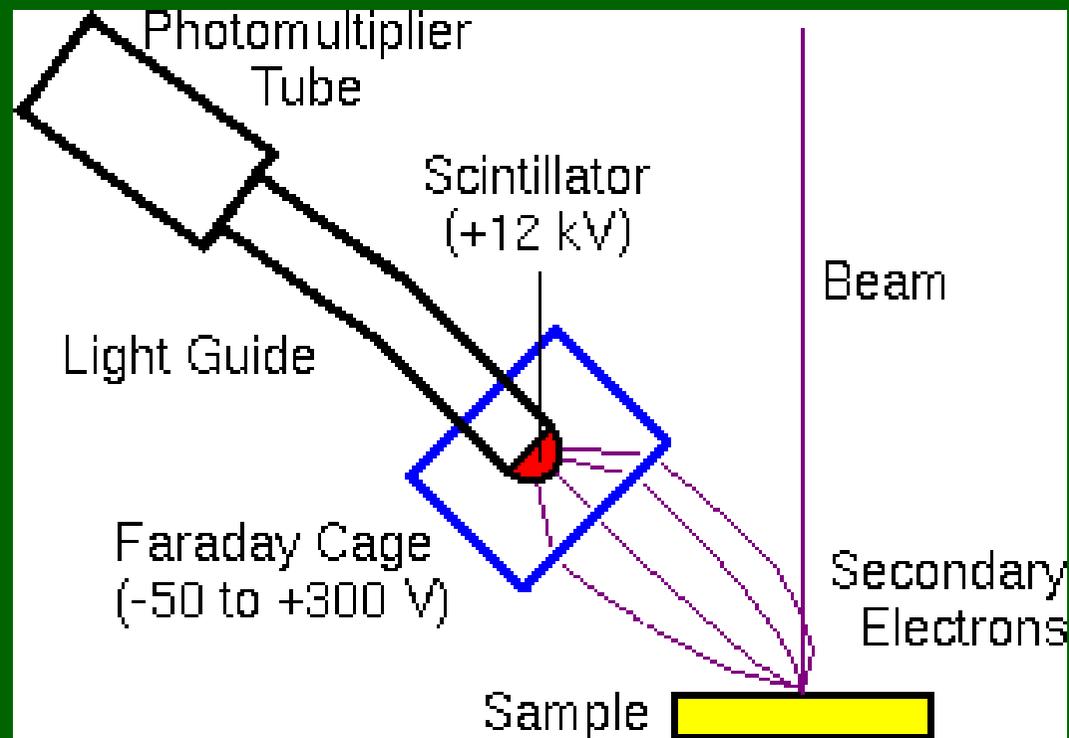
Mediante un espectrómetro dispersivo de λ se obtienen los espectros de rayos X dispersados, característicos de los elementos (desde Be).

Estructura del SEM



Detector de SEM

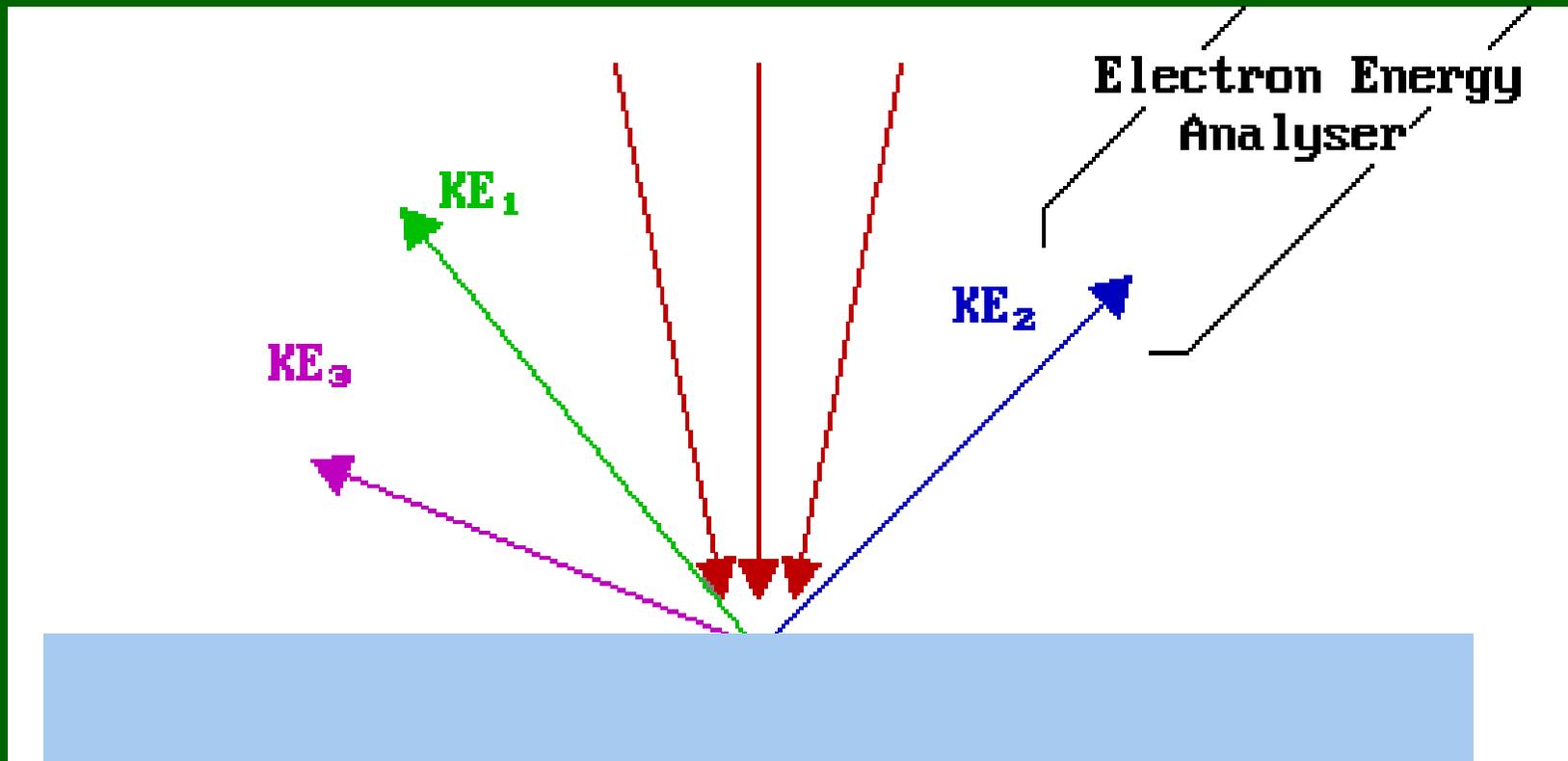
Fotomultiplicador de centelleo (mide los e- secundarios)

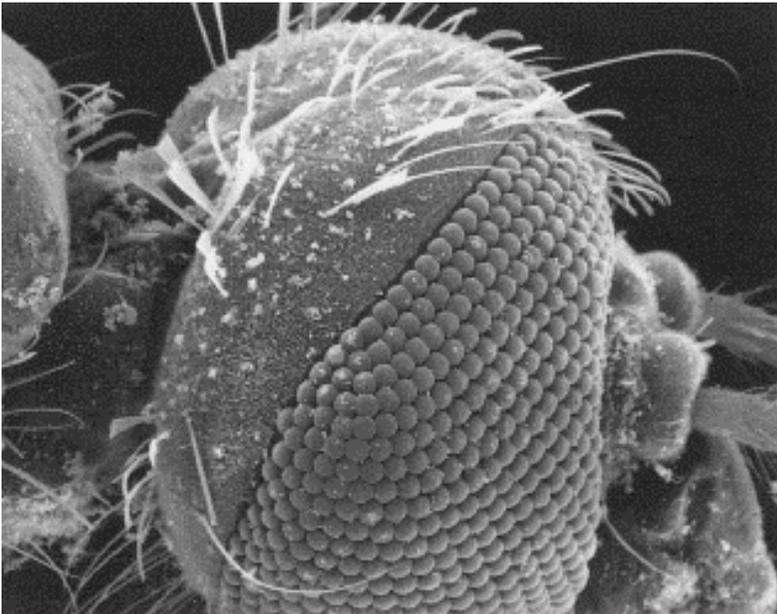


Scanning Auger Microscopy (SAM)

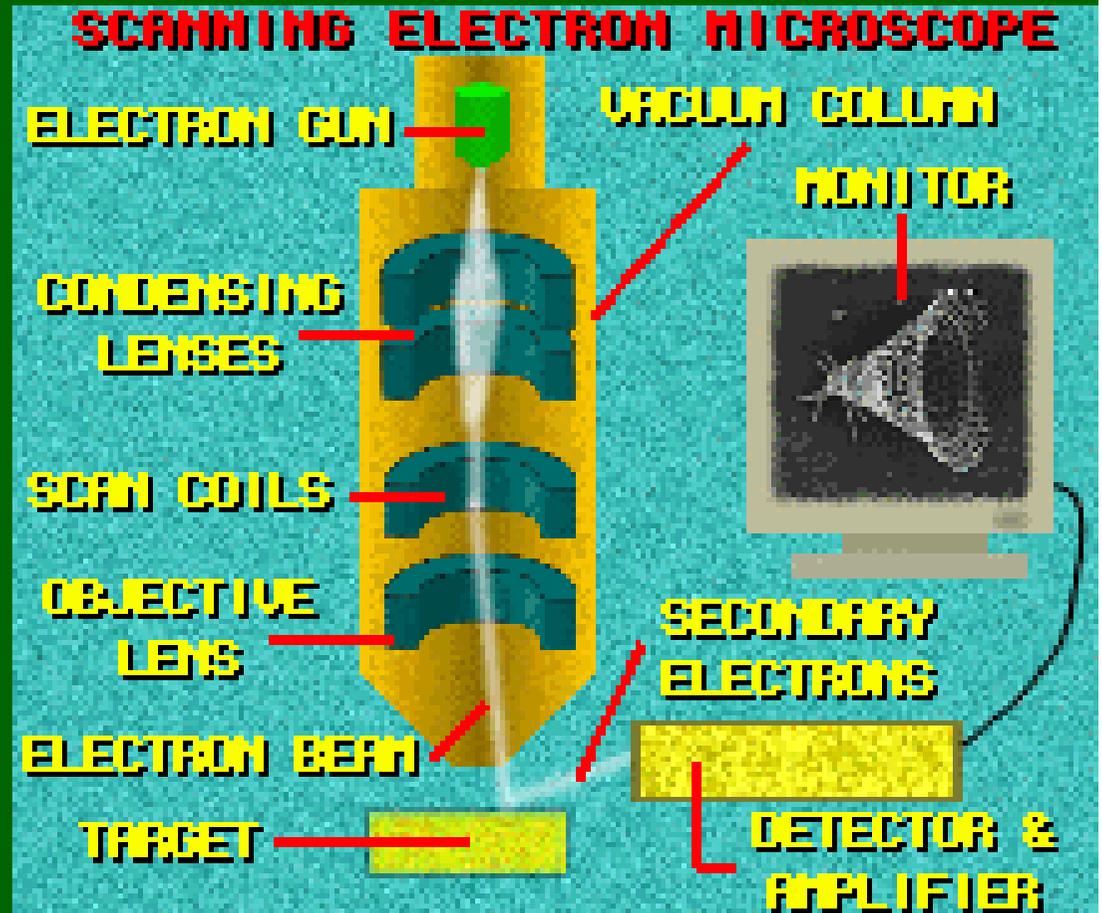
Provee mapas de la composición de una superficie a partir de los e- Auger emitidos por un particular elemento.

El haz de e- primarios causa ionización de los átomos de la región iluminada. La subsecuente relajación de los átomos ionizados produce emisión de e- Auger característicos de los elementos presentes.



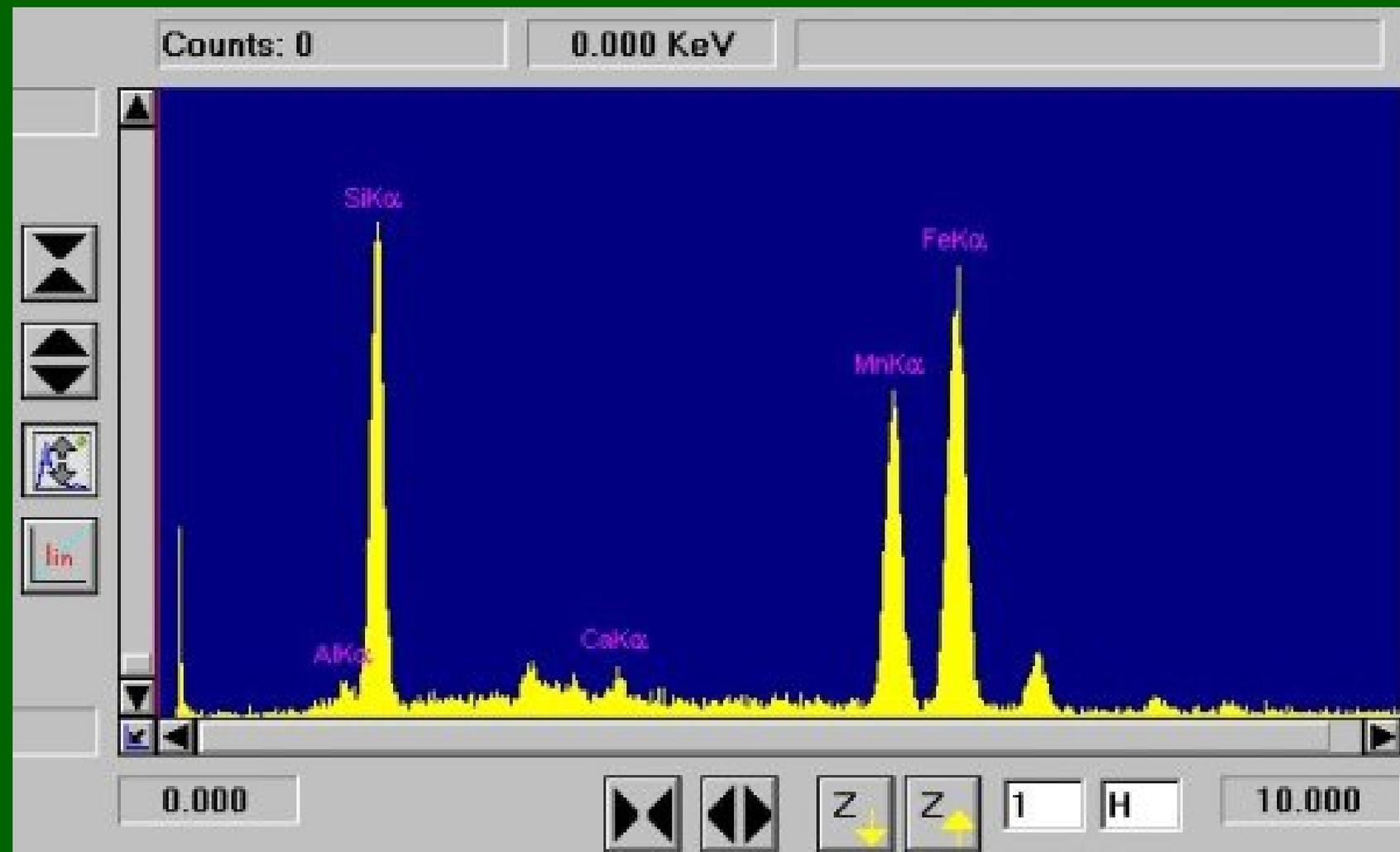


Cabeza de mosquito

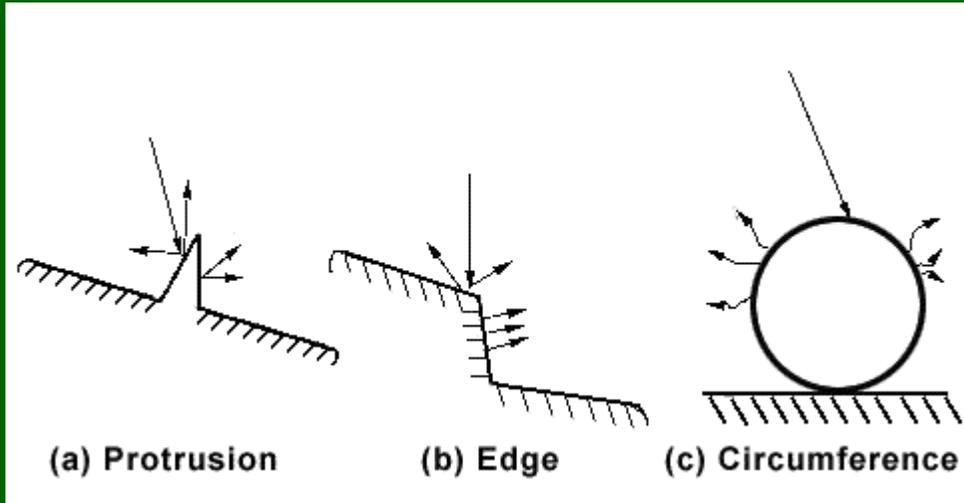


Microanálisis en SEM se realiza por la distribución de E e Intensidad de la señal de rayos X generada. Se incorpora un espectrómetro dispersivo de E o λ (EDS o WDS)

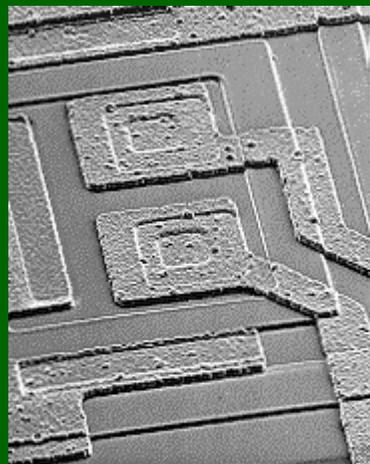
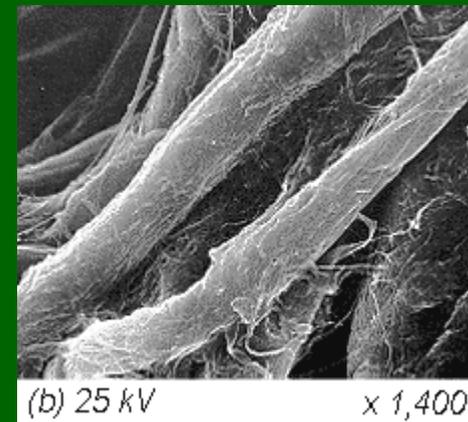
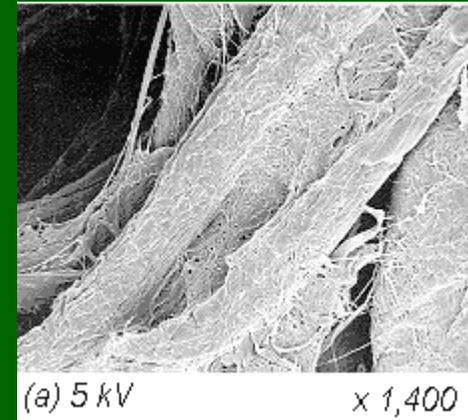
Espectro EDS de muestra de acero con Al, Si, Ca, Mn e Fe.



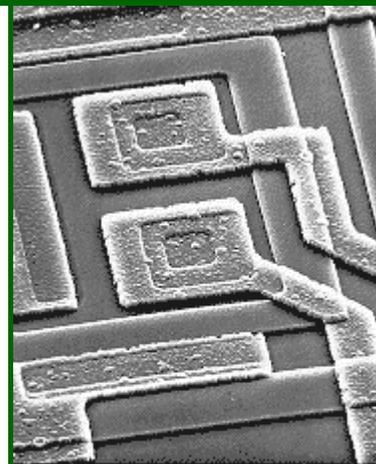
Edge effect (secondary electron emission differing with surface condition)



Influence of accelerating voltage on image quality



(a) 5 kV x720
Tilt angle: 50°



(b) 25 kV x720
Tilt angle: 50°