

TEMA 2

Las herramientas de la nanotecnología

Nanotecnología en Alimentos

OpenCourseWare

UPV/EHU OCW-2016

Idoia Ruiz de Larramendi



CONTENIDOS

❖ **Herramientas para ver el nanomundo**

- Microscopía
- Espectroscopia

❖ **Herramientas para modificar el nanomundo**

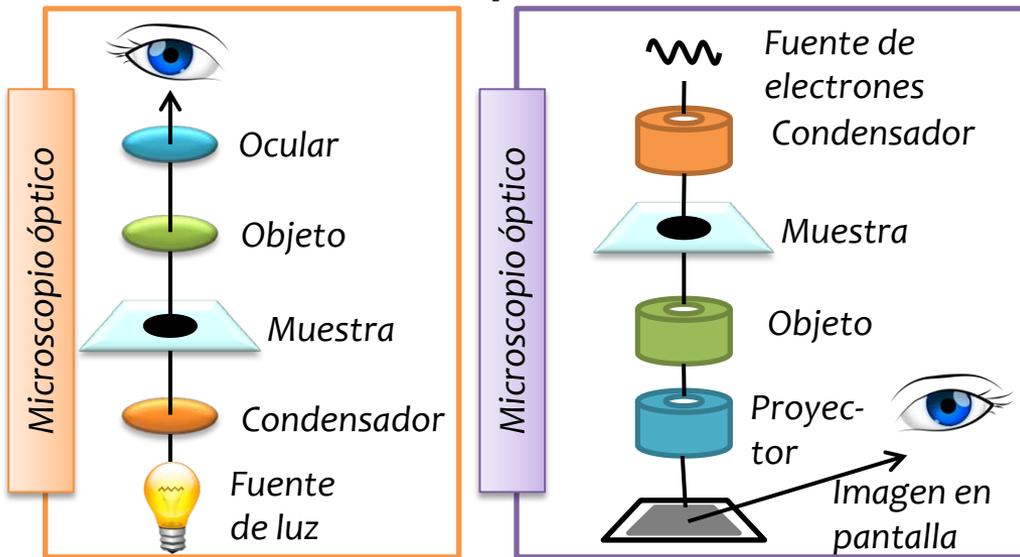
- El STM, nuestras manos en el nanomundo
- La epitaxia de haces moleculares: pintando con átomos
- Autoensamblaje molecular
- Métodos químicos
- Métodos biológicos



HERRAMIENTAS PARA VER EL NANOMUNDO

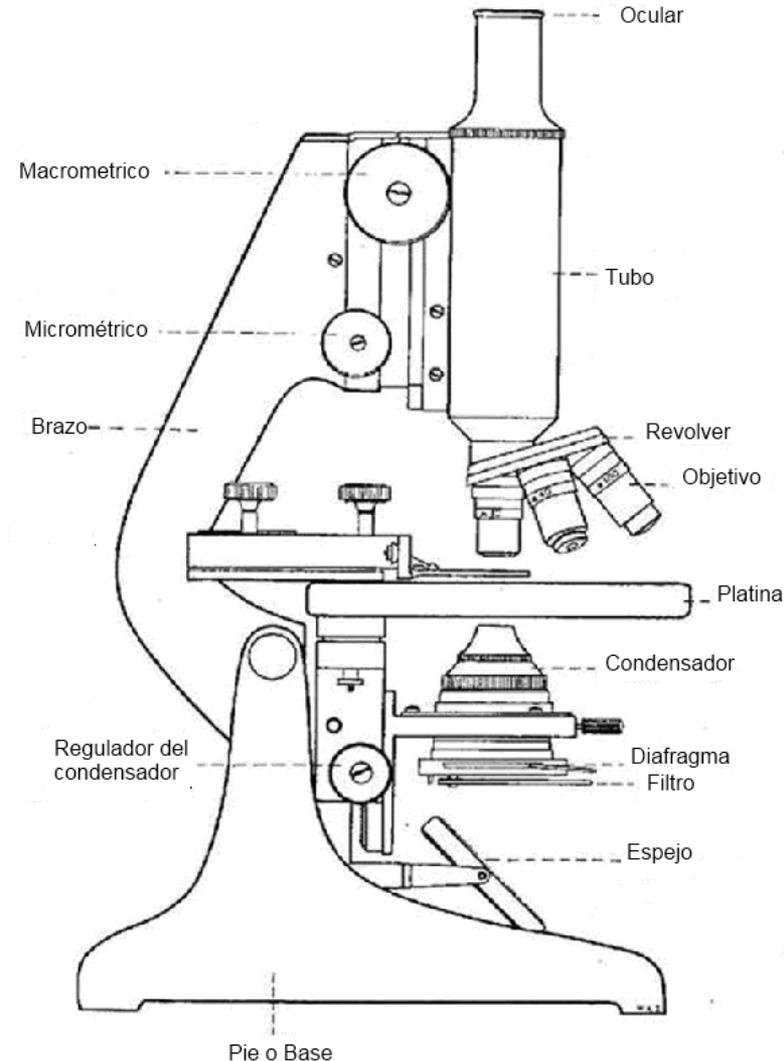
La microscopía

- Microscopio \Rightarrow instrumento que nos permite ver objetos que son demasiado pequeños para ser observados a simple vista
- **Microscopios ópticos:**
 - Contienen al menos dos lentes
 - Refracción (cambio de dirección que sufre la luz al pasar por las lentes)
- Cuando el tamaño del objeto estudiado es mucho más pequeño que la longitud de onda de la luz \Rightarrow **Microscopios electrónicos**



Microscopio óptico

Imagen de Chiquidama (Wikimedia Commons con licencia CC BY 3.0)

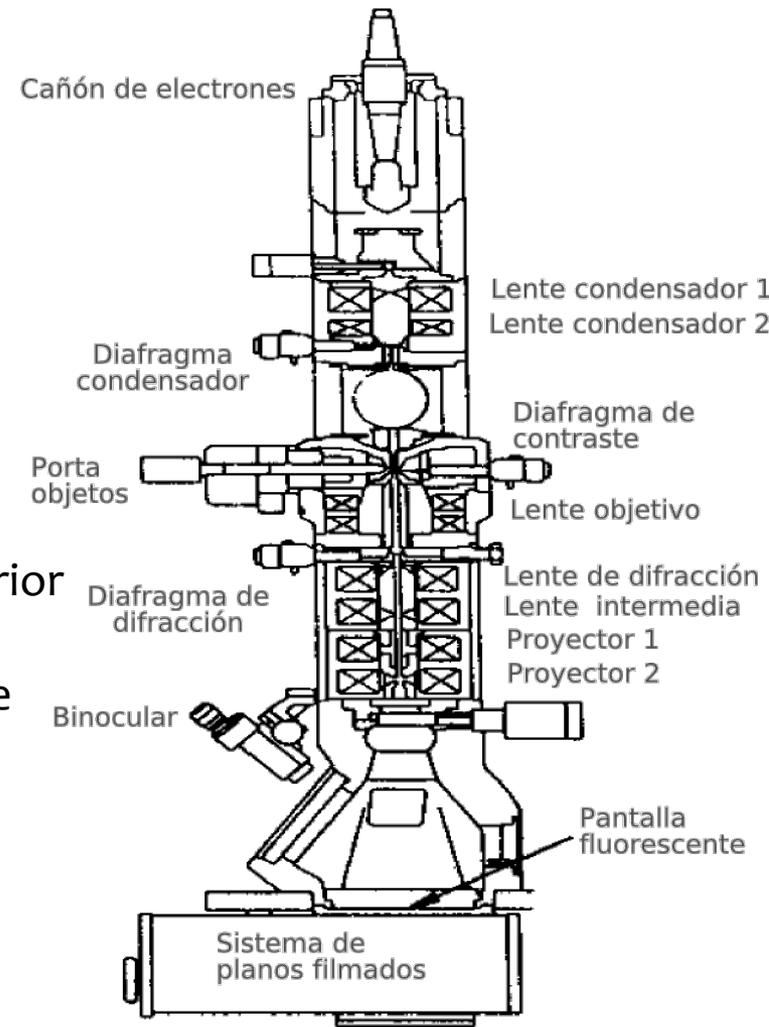




HERRAMIENTAS PARA VER EL NANOMUNDO

El microscopio electrónico de transmisión

- **TEM** (*Transmission Electron Microscope*)
- Usa electrones que tienen una longitud de onda mucho más corta que la luz \Rightarrow resolución miles de veces mejor que la de un microscopio óptico.
- **Funcionamiento:**
 - La fuente de electrones emite electrones que viajan a través del vacío que se encuentra en la columna del microscopio
 - Es necesario tener un vacío casi total en el interior del microscopio debido a que los electrones pueden ser desviados por las moléculas del aire
 - Lentes electromagnéticas para enfocar los electrones en un haz que viaja a través de la muestra
 - En función de la densidad del material \Rightarrow electrones dispersados
 - Los no dispersados \Rightarrow chocan con pantalla fluorescente \Rightarrow imagen de “sombras”



[Microscopio electrónico de transmisión](#)

Imagen de Steff (Wikimedia Commons con licencia CC BY-SA 3.0)



HERRAMIENTAS PARA VER EL NANOMUNDO

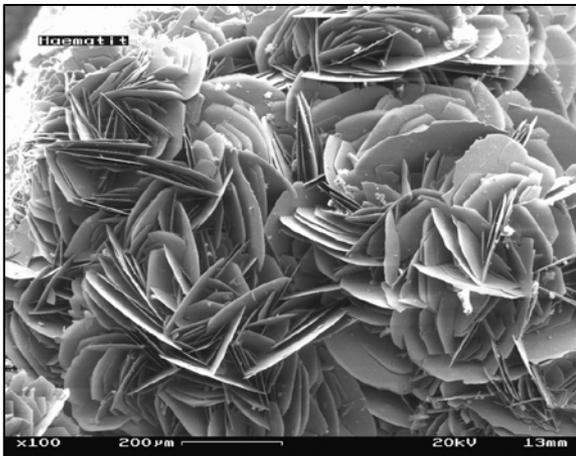
El microscopio electrónico de barrido

- **SEM (Scanning Electron Microscope)**
- Forma de los objetos
- El haz de electrones no está fijo en un solo lugar, sino que *barre* la muestra punto por punto.
- De la interacción entre los electrones incidentes y los átomos que componen la muestra se generan señales que pueden ser captadas con detectores y observadas en un ordenador.
- No se pueden ver los átomos individuales.
- Pueden aumentar una imagen hasta 10000 veces.



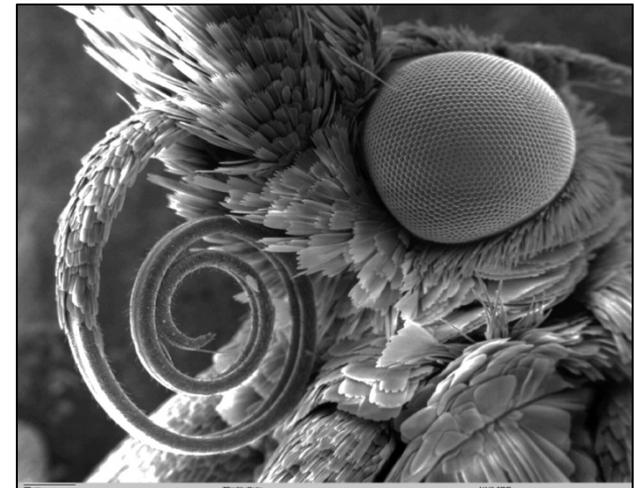
[Hormiga](#)

Fotografía de US Government (Wikipedia con licencia dominio público)



[Hematite](#)

Fotografía de SecretDisc (Wikimedia Commons con licencia CC BY-SA 3.0)



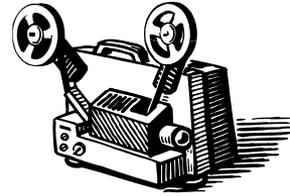
[Lengua de una mariposa](#)

Fotografía de Svdmolén y Crux (Wikimedia Commons con licencia dominio público)



HERRAMIENTAS PARA VER EL NANOMUNDO

El microscopio de efecto túnel

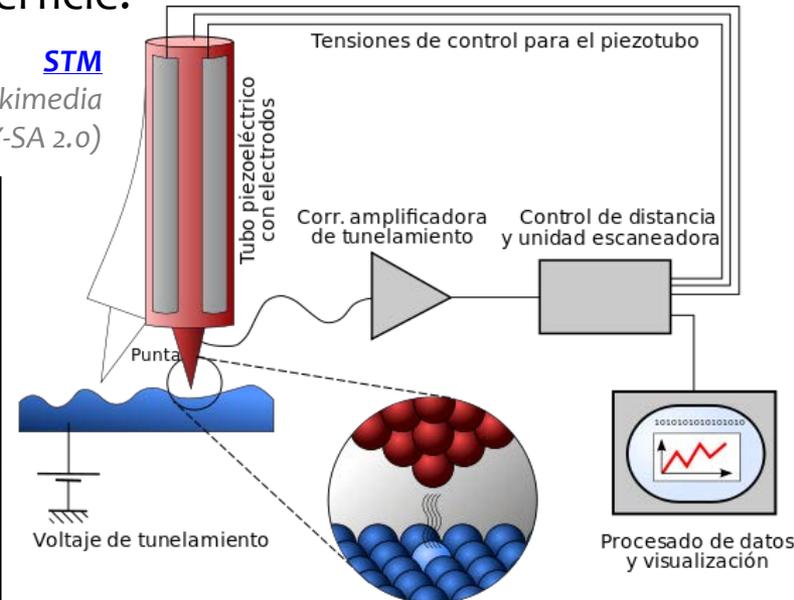
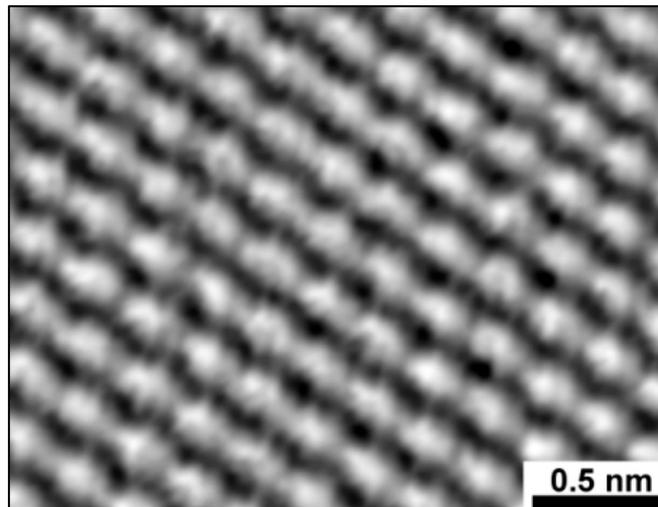


- **STM (Scanning Tunneling Microscope)**
- Gerd Binnig y Heinrich Rohrer (1981 – laboratorio de IBM - Zurich) \Rightarrow 1^{er} STM
- **Funcionamiento:**
 - Acercan una sonda a la superficie para medir alguna propiedad física como el voltaje, la corriente, el campo magnético, ... la cual revela la estructura de la superficie
 - Sonda: punta metálica terminada en unos pocos átomos, la cual mide la corriente eléctrica que fluye entre dicha punta y la superficie.

[STM](#)
Imagen de Michael Schmid (Wikimedia Commons con licencia CC BY-SA 2.0)

[Imagen de una superficie de grafito por STM](#)

Imagen de Frank Trixler (Wikimedia Commons con licencia dominio público)





HERRAMIENTAS PARA VER EL NANOMUNDO

Espectroscopia

- El estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia.
- Dependiendo del tipo de radiación ⇨ diferentes tipos de espectroscopias:
 - **Espectroscopia Infrarroja (IR)**
 - Los átomos de cada molécula vibran con frecuencias que dependen principalmente de la magnitud del enlace entre átomos
 - Estudio de nanotubos de C
 - **Espectroscopia Raman**
 - Hace incidir radiación de una sola frecuencia y mide la frecuencia de la radiación saliente
 - **Otras espectroscopias**
 - Luz ultravioleta o luz visible
 - La radiación puede excitar electrones hacia niveles de energía más altos



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

El STM, nuestras manos en el nanomundo

- El STM permite manipular y cambiar el paisaje atómico

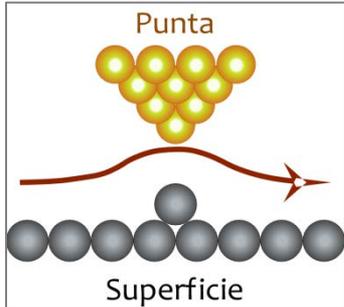
En una cámara a baja temperatura y en un vacío casi total

- 1989 Un investigador llamado Don Eigler utilizó un microscopio electrónico del tipo scanning-tunneling, STM, para mover átomos de xenón y escribir las siglas IBM.
- 1997 Se fabrica la guitarra más pequeña el mundo. Tiene el tamaño aproximadamente de una célula roja de sangre.
- El STM puede operar en dos modos:
 - » Formación de imagen con resolución atómica
 - » Manipulación atómica



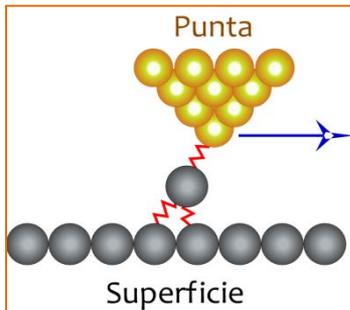
HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

El STM, nuestras manos en el nanomundo



Formación de imágenes con resolución atómica

Se lleva a cabo un barrido sobre la muestra a una intensidad de corriente túnel constante. Mediante un sistema de control electrónico se controla las variaciones de altura de la punta, de modo que sea capaz de medir la intensidad túnel prefijada. A través de la densidad de electrones de la superficie barrida se obtiene la topografía atómica.



Manipulación atómica

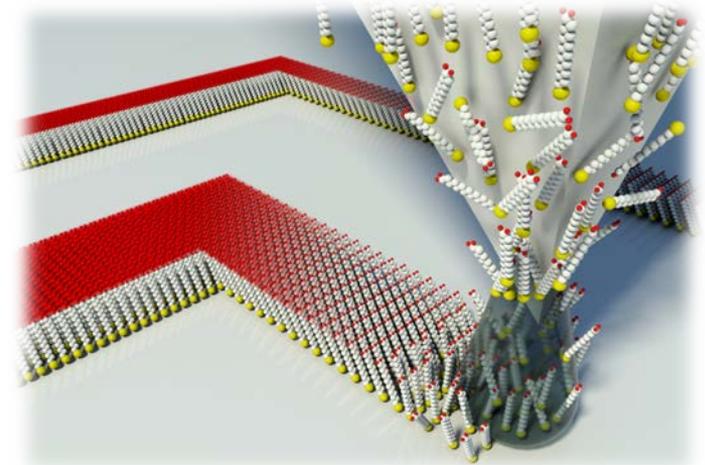
Se deben ajustar una serie de parámetros como el campo eléctrico, la corriente túnel o las fuerzas de Van der Waals punta-muestra. La manipulación puede ser lateral (contacto mantenido por la superficie por el átomo) o vertical (el átomo se recoge con la punta y se traslada).



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

La epitaxia de haces moleculares

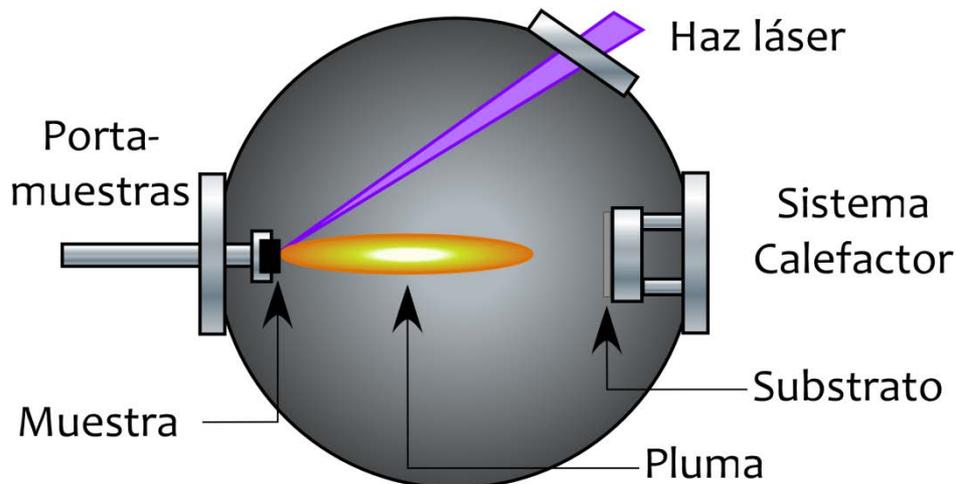
- **Epitaxia** describe el proceso mediante el cual se construye un cristal sobre un substrato.
- Un haz de átomos o moléculas es dirigido hacia un substrato, donde los átomos o las moléculas se unen a la superficie para formar una nueva capa.
- Permite que los átomos lleguen a la superficie y migren hacia el lugar adecuado para crear una nueva capa cristalina.



[Nanolitografía Dip-pen](#)

Imagen de Nanoink1

(Wikimedia Commons con licencia CC BY 3.0)



Esquema de sistema de ablación láser

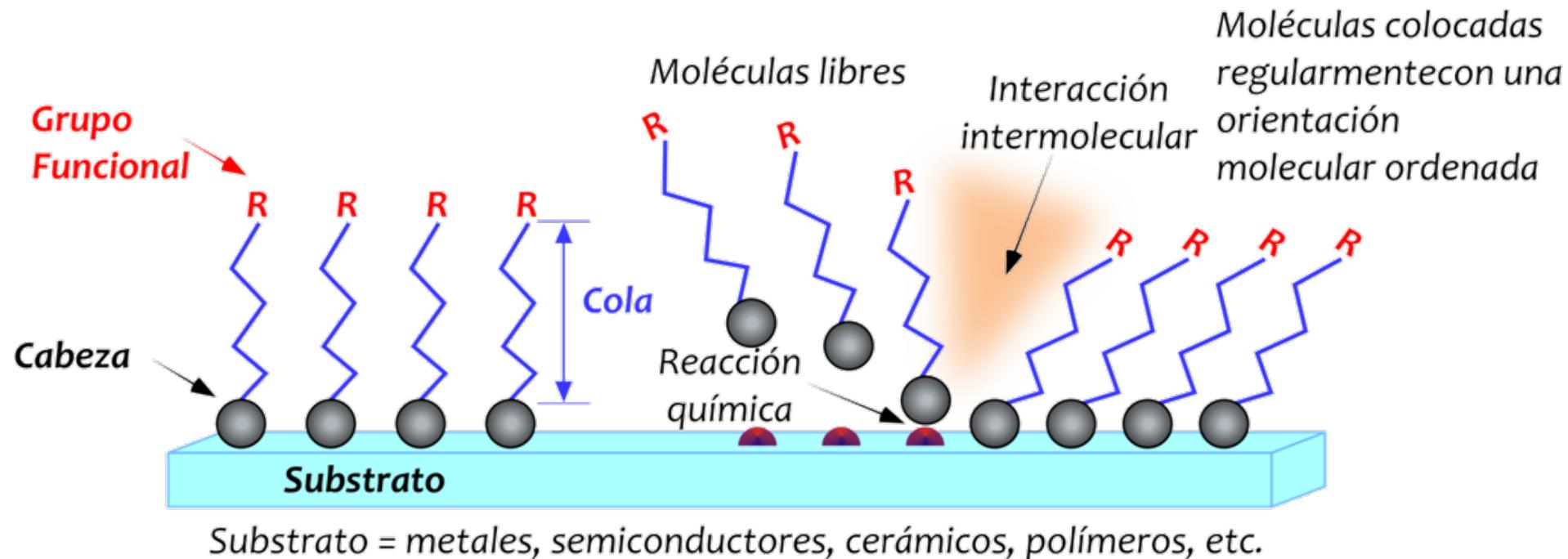
- Por medio de hornos diminutos (celdas de evaporación) se producen los haces de átomos o moléculas que luego se dejan caer en una superficie.
- Válvulas: permiten el paso del haz.
- Otras técnicas:
 - Crecimiento por ablación láser
 - Fotolitografía



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

Autoensamblaje molecular

- Los átomos y las moléculas siempre buscan estar en el nivel de más baja energía posible.
 - Se difunden sobre la superficie si de esta manera encuentran ese estado de mínima energía (siempre que tengan suficiente energía para superar las barreras de activación).



Representación esquemática del proceso de autoensamblaje molecular

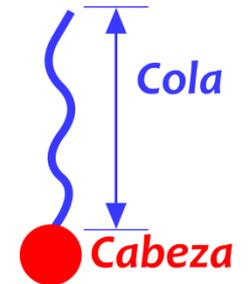


HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

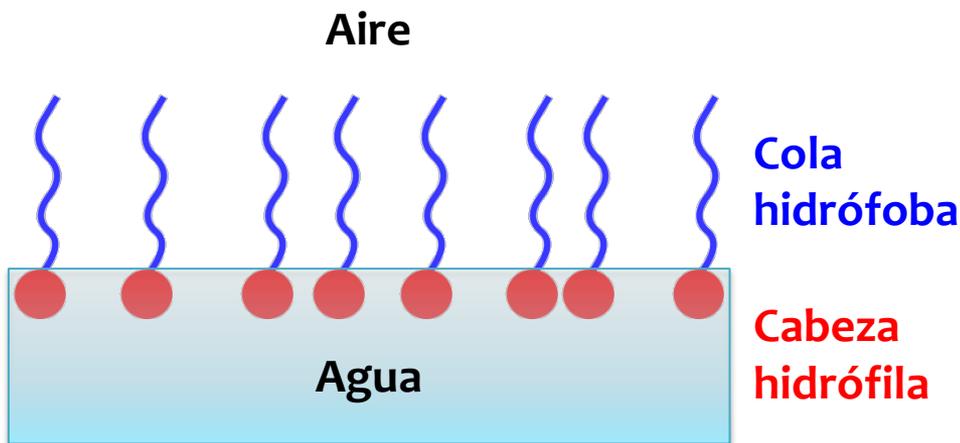
Métodos químicos

- **Método de microemulsiones**

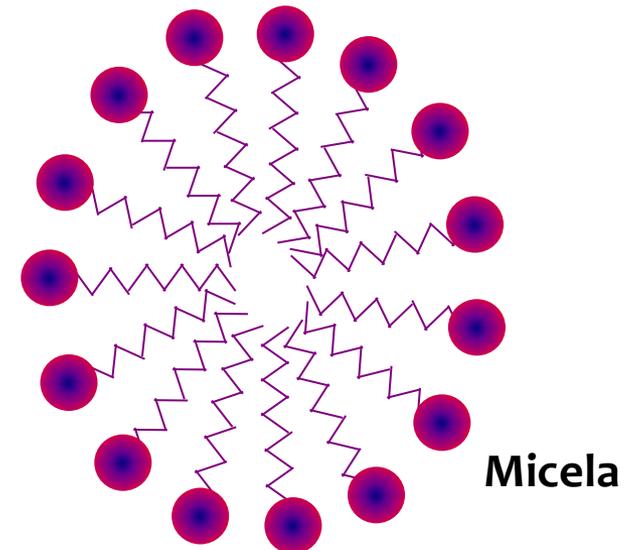
- Mezclar agua con aceite \Rightarrow 2 fases
- Evitar la separación \Rightarrow Surfactante
 - 2 partes: una hidrófila (polar) y otra hidrófoba (apolar)
- Los surfactantes son sustancias que tienden a disminuir la tensión superficial en un líquido, permitiendo que se extienda y disminuyendo la tensión interfacial entre dos líquidos o entre un líquido y un sólido.



Surfactante



Representación esquemática del proceso de organización de un surfactante en la superficie de una disolución acuosa



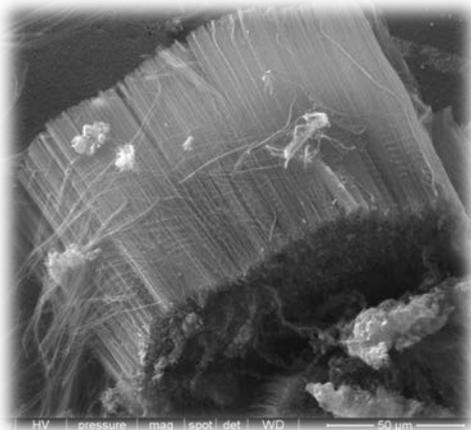
Micela



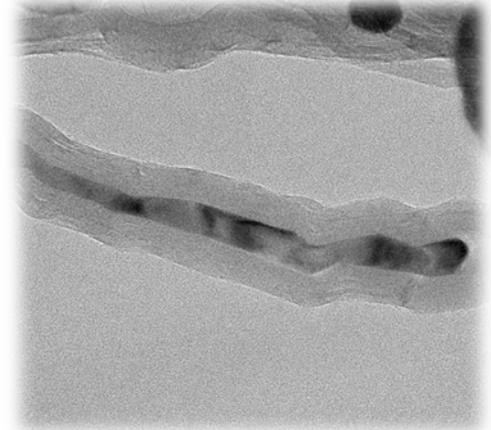
HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

Métodos químicos

- **Aspiración pirolítica (*spray pirolisis*)**
 - Tenemos un sustrato colocado dentro de un calefactor al cual se le puede regular la temperatura
 - Se le hace incidir un spray formado por un gas portador (inerte al sistema) + una solución que contiene una sustancia que al descomponerse sobre la superficie del sustrato producirá la nanopartícula.
 - ✓ Método barato y rápido
 - ✗ Requiere el control preciso de muchos parámetros (concentración, flujo, altura del spray, temperatura del sustrato, etc)
 - Fabricación de nanopartículas de óxidos y nanotubos de carbono



*Nanotubos de carbono obtenidos por CVD
(Chemical Vapor Deposition)*



*Nanohilos cerámicos en el interior de
nanotubos de carbono obtenidos por CVD*



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

Métodos químicos

- **Aspiración pirolítica (spray pirolisis)**
 - Fabricación de nanopartículas de óxidos y nanotubos de carbono
 - El reactivo debe de presentar una serie de características:
 - Descomponer a temperatura relativamente baja
 - No dejar residuos sólidos indeseados
 - En el caso de los nanotubos de C se emplea una solución de ferroceno y tolueno (fuente de átomos de C). Se emplean nanopartículas de Fe como catalizadores que fomentan la nucleación del C y su ordenamiento hexagonalmente dando lugar a los nanotubos de C.
 - **Otros métodos químicos:**
 - Sol-gel
 - Poliol
 - Liofilización
 - Hidrotermal
- ➡ Formación de óxidos, nitruros, sulfuros, ...



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

Métodos biológicos

- Uso de organismos vivos para hacer más eficiente y barata la fabricación de nanoestructuras.
 - **Plantas**
 - » Nanoestructuras de Au crecidas sobre plantas de alfafa en ambientes ricos en cloruro de oro.
 - » Lirio acuático + iones metálicos ➔ absorbe iones metálicos, por lo que se puede emplear para eliminar contaminantes de medios acuosos. Las nanopartículas se almacenan en los tallos y las raíces.
 - Mg, Cu, Cr o Se de aprox. 4 nm
 - **Diatomeas**
 - » Formas microscópicas unicelulares de vida marina
 - » Control de la capacidad de biomineralización fabricación biológica de materiales nanoestructurados de Si y Ge
 - » Fabricación de paneles solares (TiO_2)



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

Métodos biológicos

– Bacterias y hongos

- » Bacteria *Pseudomonas stutzei* sobrevive en ambientes ricos en Ag (tóxica para muchos microorganismos).
 - Acumula toda la plata en pequeños gránulos que guarda en los bordes de sus células
- » Bacteria *Magnetospirillum gryphiswaldense* fabrica nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) y la almacena en inclusiones llamadas magnetosomas (estructuras que se forman intracelularmente dentro de la bacteria y actúan como imanes).
 - Nanopartículas de magnetita → de entre 35-120 nm recubiertas por una membrana que impide que se aglomeren y las hace biocompatibles
- » *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* ⇔ nanopartículas de Au
- » Hongo *Fusarium oxysporum* ⇔ sintetizar puntos cuánticos de CdSe



HERRAMIENTAS PARA MODIFICAR EL NANOMUNDO

Métodos biológicos

– La molécula de ADN

- » Diseño de nanoestructuras en 2D y 3D, las cuales se pueden usar a su vez como soportes para fabricar otras nanoestructuras.

- » *Litografía molecular*
 - Usa el ADN como propio soporte para el crecimiento de ADN
 - Uso de proteínas para bloquear determinadas regiones del ADN con la finalidad de fabricar “nanoalambres” de longitud específica