



20 al 26 de mayo

Semana de la Ciencia y la Tecnología

Nanotecnología: Estudiando el Comportamiento de la Materia

Dr. Ricardo Faccio

rfaccio@fq.edu.uy

Facultad de Química, UdelaR



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

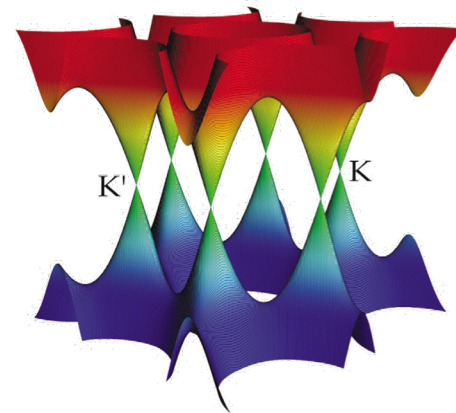


20 al 26 de mayo

Semana de la Ciencia y la Tecnología

Temario

1. ¿Qué es la Nanotecnología?
 1. Ejemplos
 2. Un poco de historia
 3. Aplicaciones y Conceptos
2. Nanomateriales:
 - Carbono: Fullerenos, Nanotubos, Grafeno.
 - Nanotubos inorgánicos y celdas colares
3. Conclusiones



1. ¿Qué es la Nanotecnología?

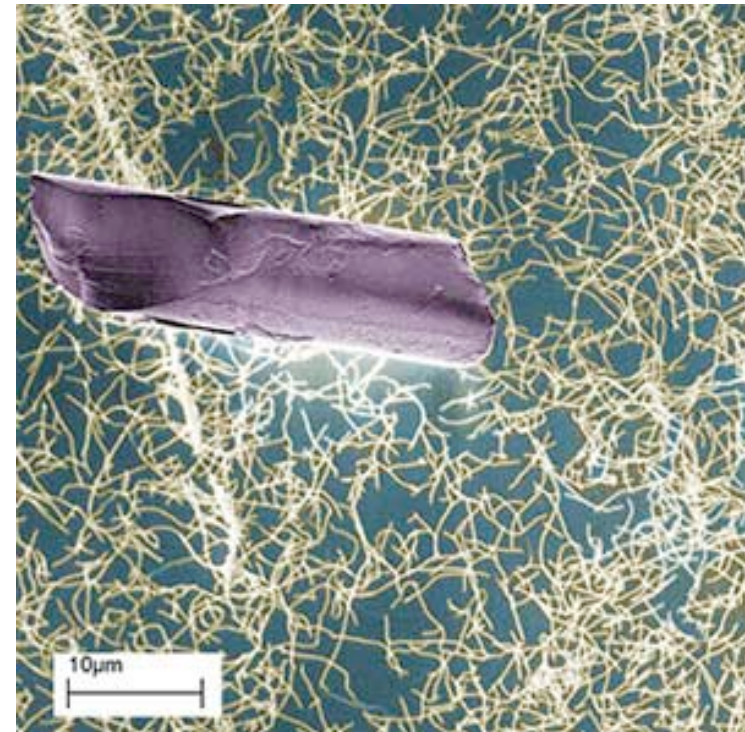
- Es el estudio y control de la materia, a una escala entre 1 y 100 nm

1 nm = 1/1 000 000 000 m

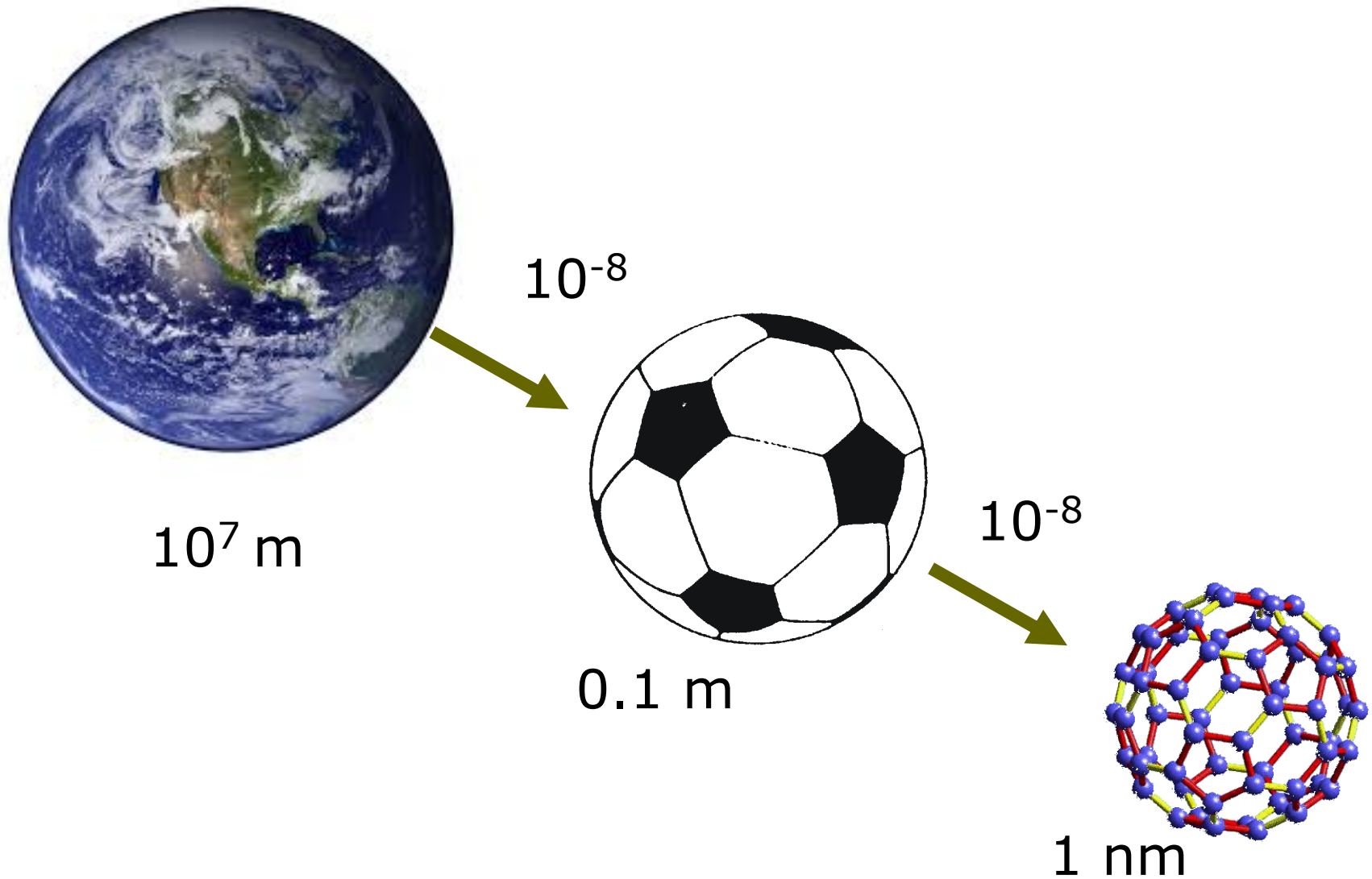
1 nm = 1×10^{-9} m

La nanociencia es el estudio de fenómenos y manipulación de materiales a escalas atómica, molecular y macromolecular; dónde las propiedades difieren significativamente de aquellas a gran escala.

La nanotecnología es el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas para controlar la forma y tamaño a escala nanométrica.



1. Dimensiones

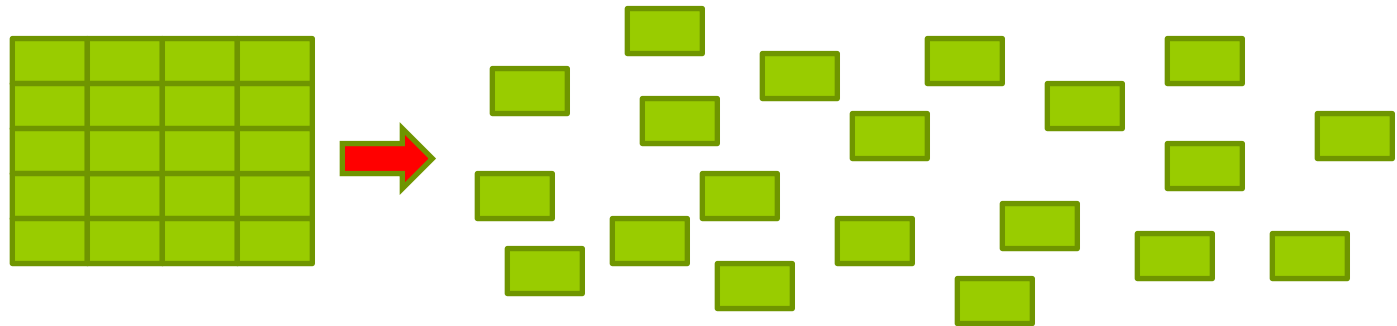


1.1 Conceptos: ¡Las propiedades dependen del tamaño!

Un material nanométrico podrá tener propiedades físicas y químicas diferentes a las que tiene en volumen.

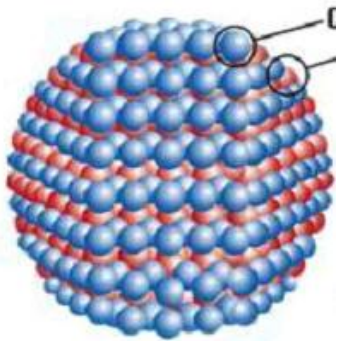
Fenómenos de superficie:

Ej. Catálisis

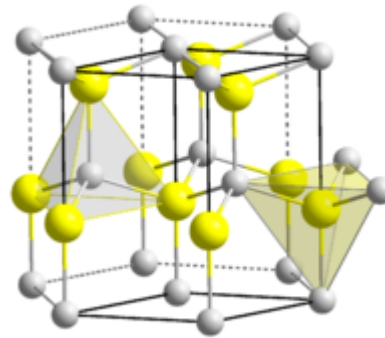


1.1 Conceptos: Confinamiento cuántico

Confinamiento cuántico
Propiedades ópticas

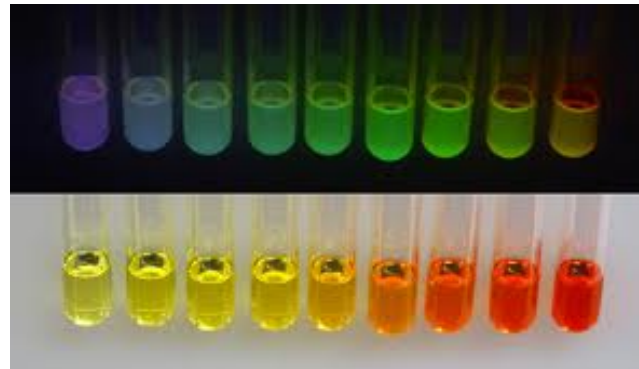
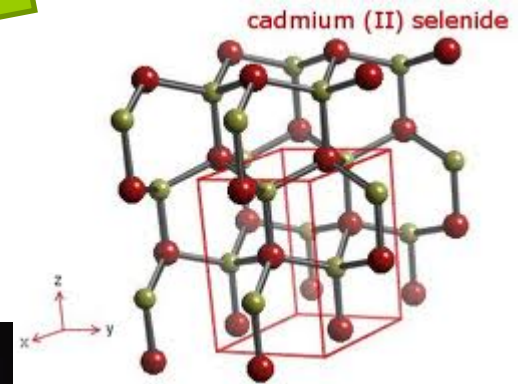


Nanocrystal



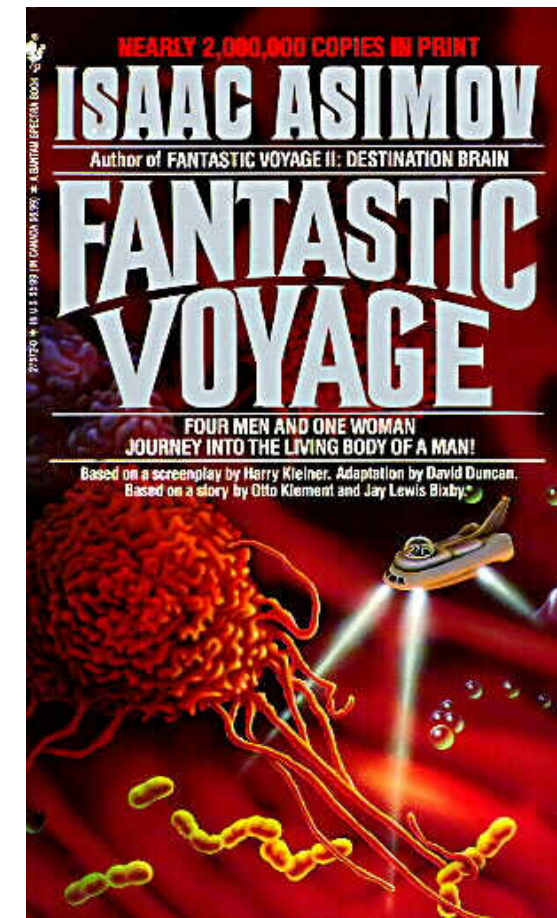
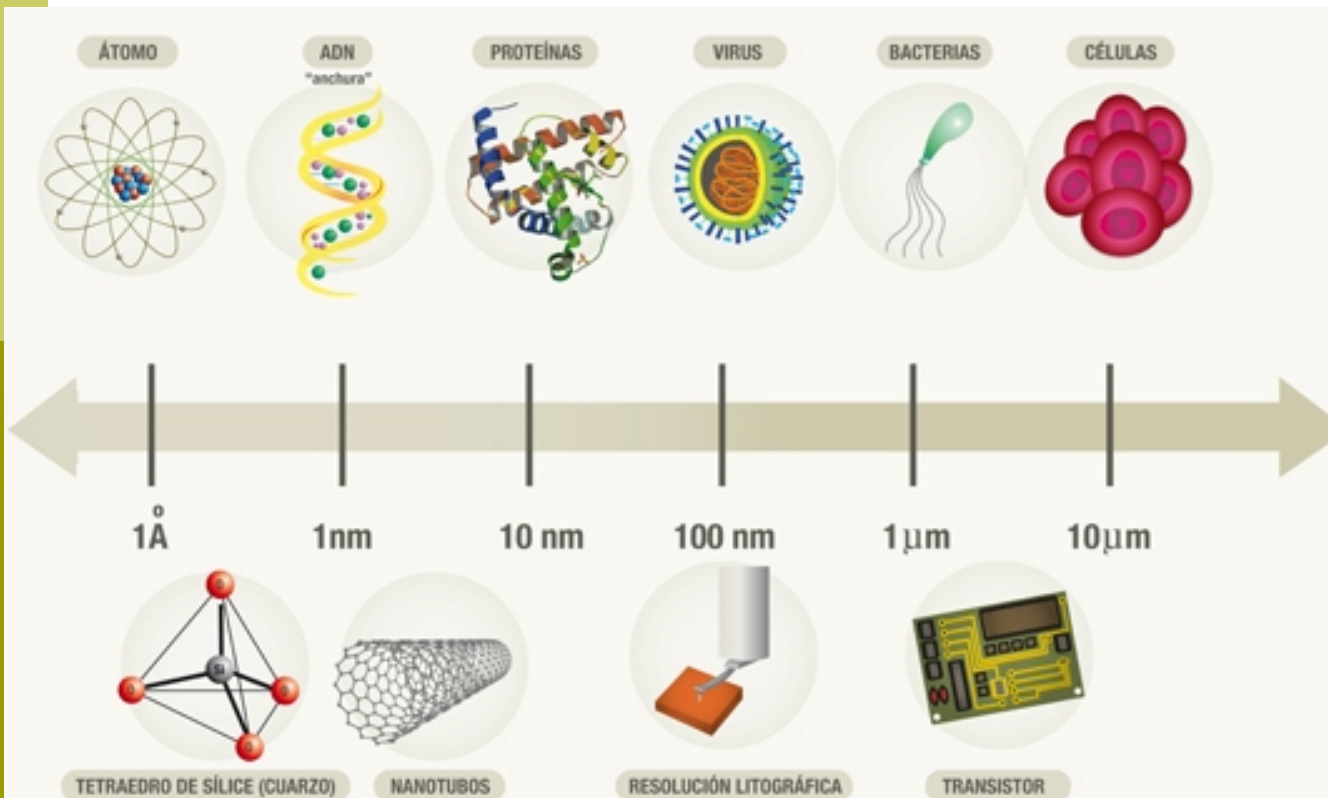
CdSe

Cristal
micrométrico

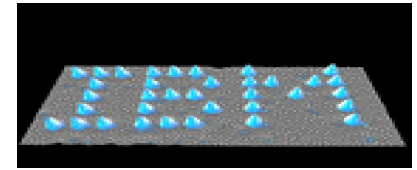


1.1 Conceptos: Escalas

- ❑ Célula: 7000 nm
- ❑ Molécula de H_2O : 0.3 nm



1.2 Un poco de Historia



1959

Feynman: primera charla hablando de máquinas moleculares de precisión atómica.

1974

Taniguchi utiliza el término "nano-technology" en un paper de ion-sputtering

1977

Drexler genera el concepto de "molecular nanotechnology" MIT (Engines of Creation)

1981

Primer paper con ingeniería molecular y precisión atómica
Se inventa el STM

1985

Descubrimiento de los Buckyball (Fullerenos)

1986

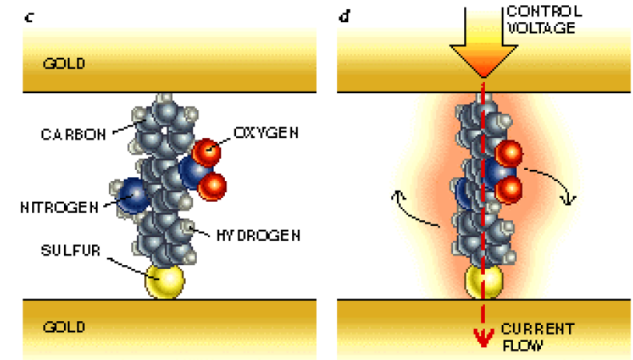
Se publica el primer libro
se inventa el Microscopio AFM

1987

Primer experimento sobre conductancia cuantizada

1988

Primer curso Universitario

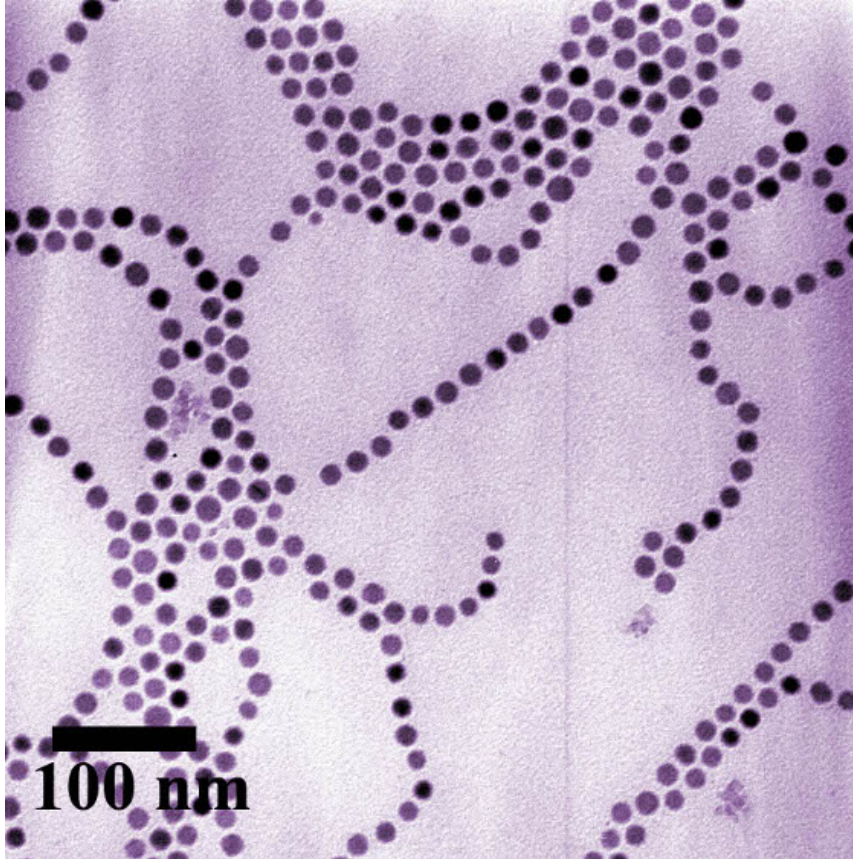
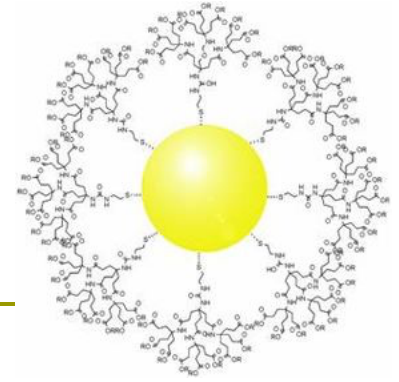


*"Capability to **manipulate**, **control**, **assemble**,
produce and **manufacture** things at atomic
precision"*

Richard Feynman
Nobel Prize in Physics 1965



1.2 Un poco de Historia



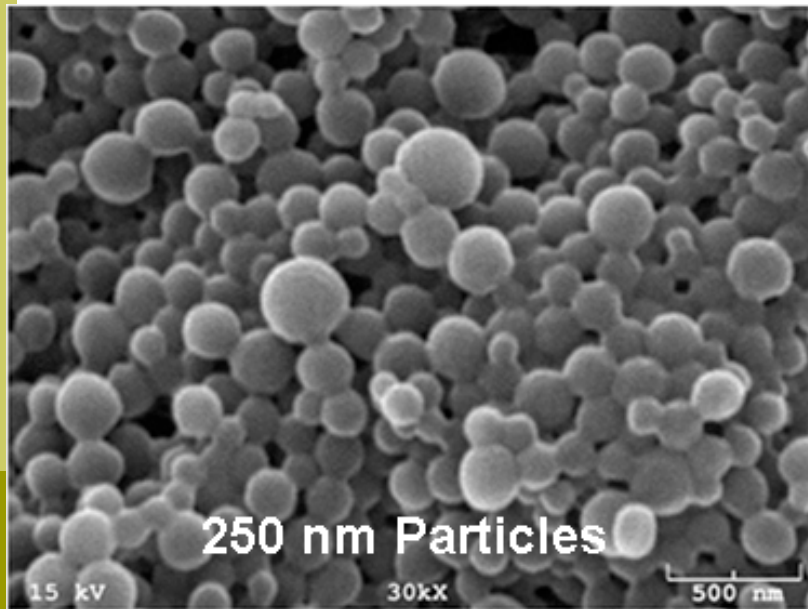
Nanopartículas de Oro



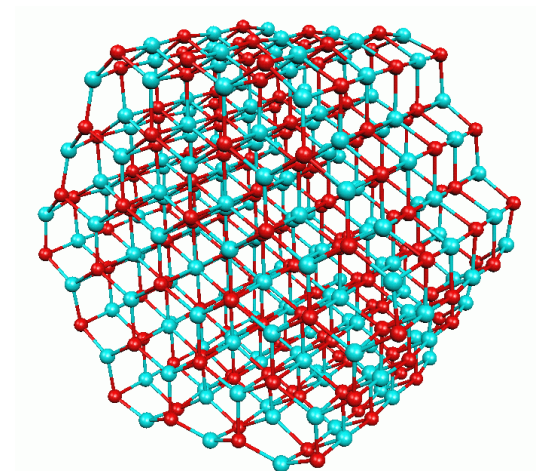
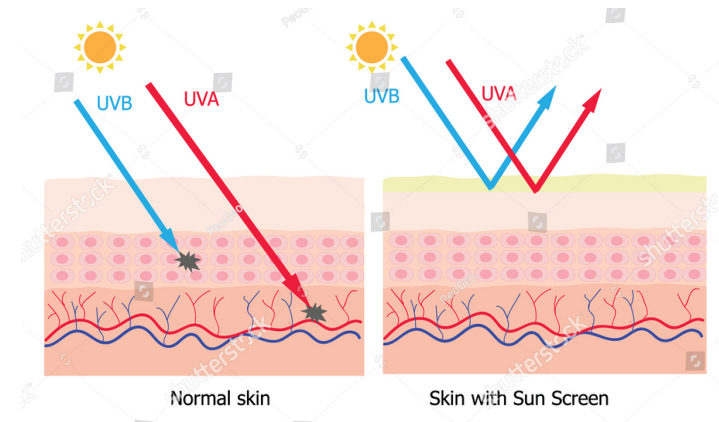
Copa de Licurgo:
Oro y plata

1.3 Productos Comerciales

Nanopartículas de óxido de Zinc y de Titanio: ZnO y TiO_2



Propiedades ópticas:
Absorben en el UV
Transparente en el Visible
Bloqueador Solar



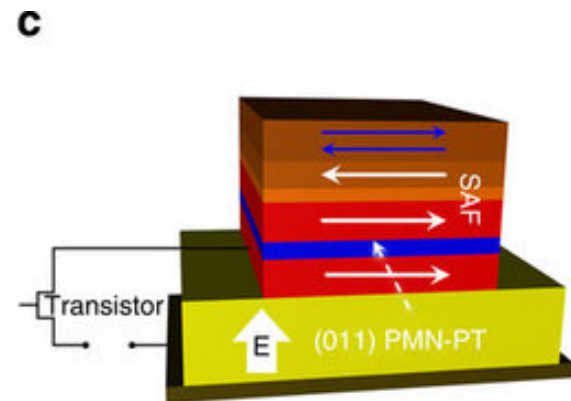
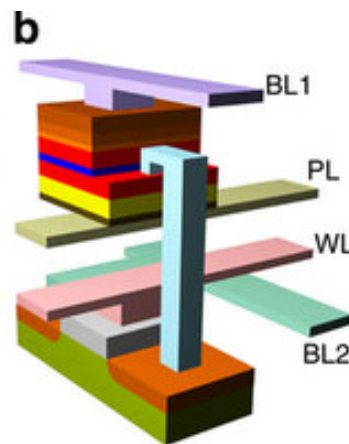
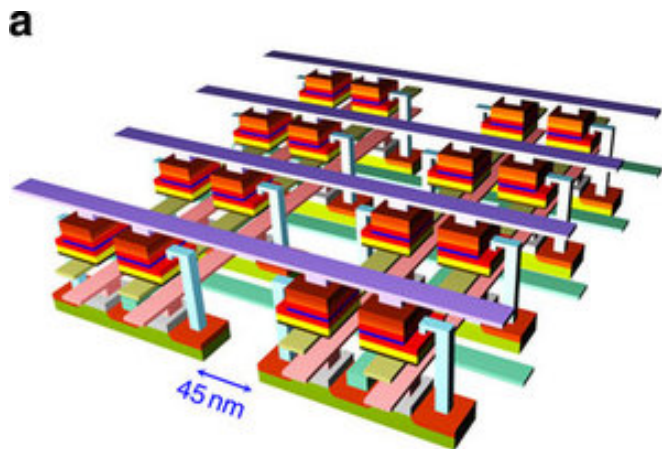
Nanopartícula de Óxido de Zinc

1.3 Almacenamiento de Datos

Incremento en la capacidad y velocidad del almacenamiento de datos



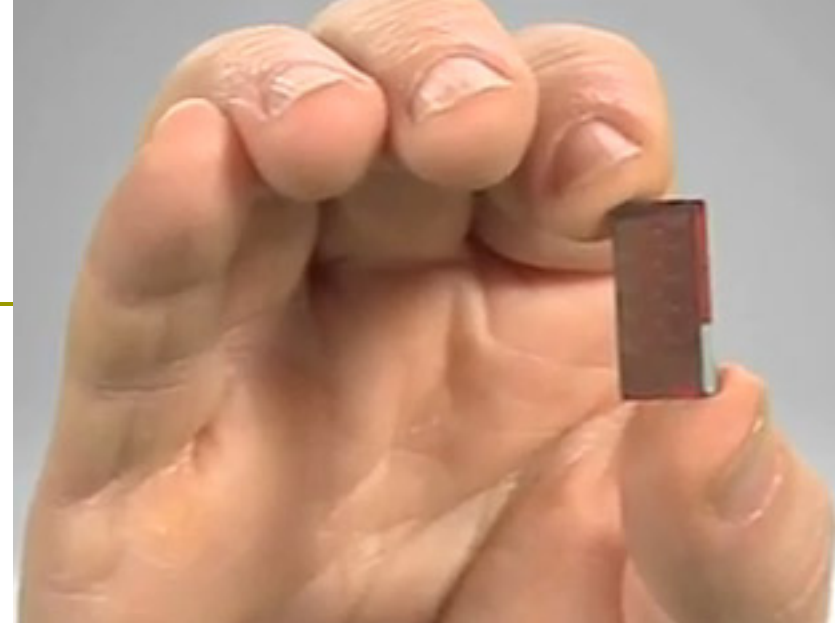
Pendrives



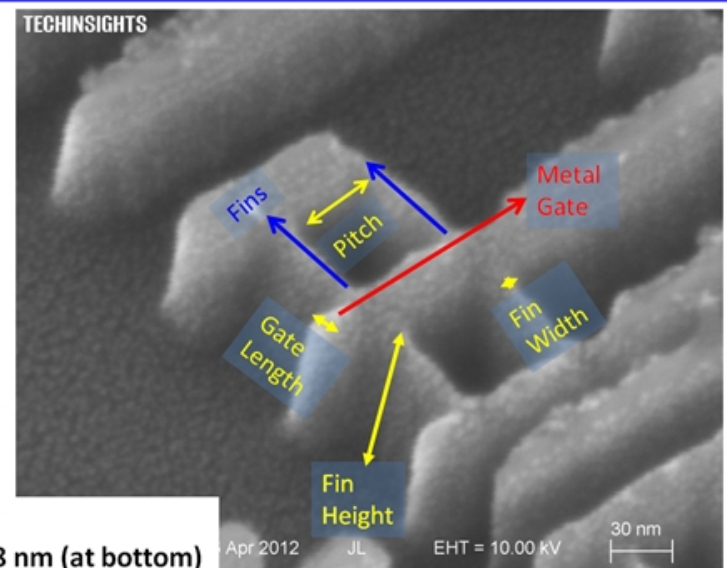
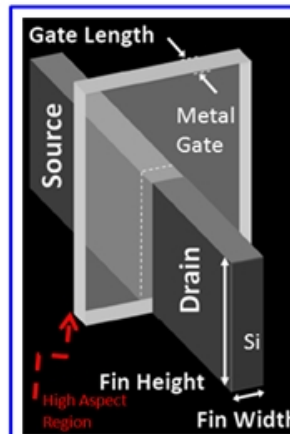
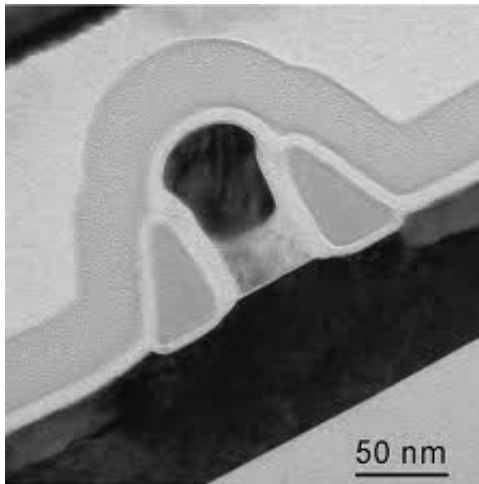
1.3 Procesadores

- Más rápidos
- Más eficientes
- Ecológicos
- Menor consumo energético

Intel 22 nm



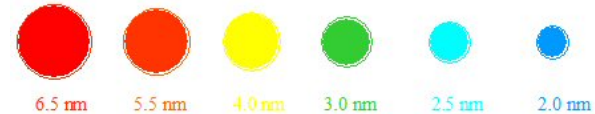
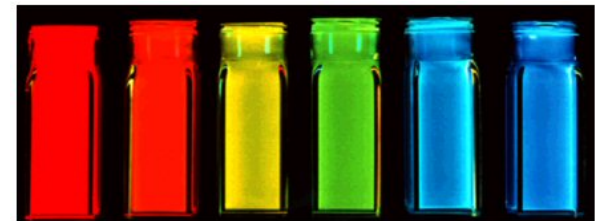
Procesadores Intel



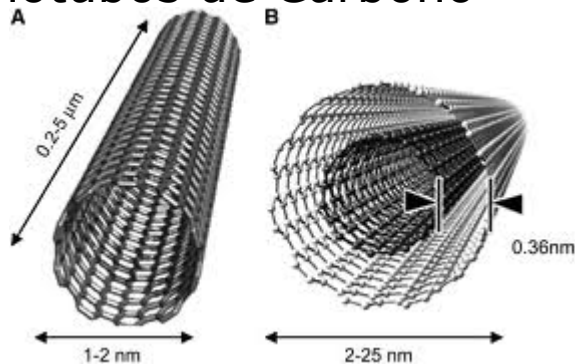
Average Gate height:
Average Fin width: 18 nm (at bottom)
Average Fin height: 35 nm
Average Fin pitch: 60 nm

Average Tri-Gate length: ~ 30 nm
Average Tri-Gate width: ~ 80 nm

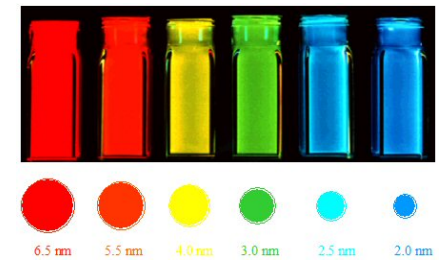
1.3 Nueva Serie de Pantallas LED



Nanotubos de Carbono



1.3 Tecnología de Pantallas

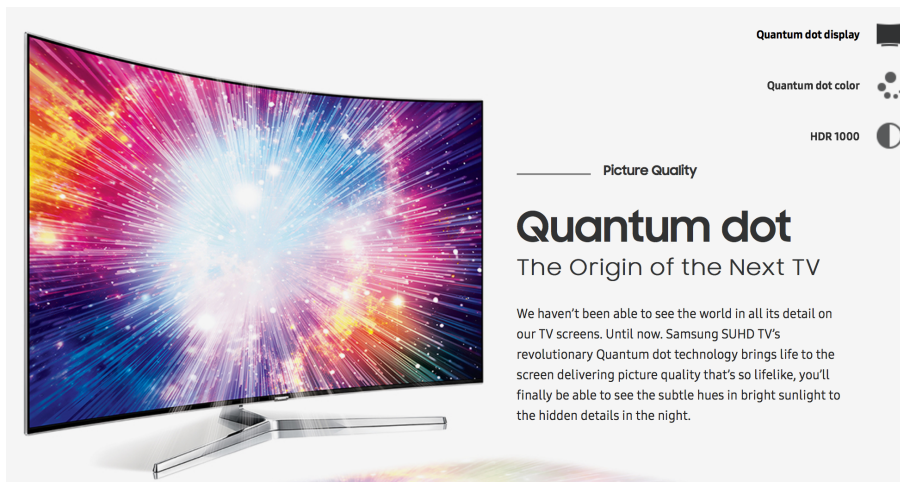
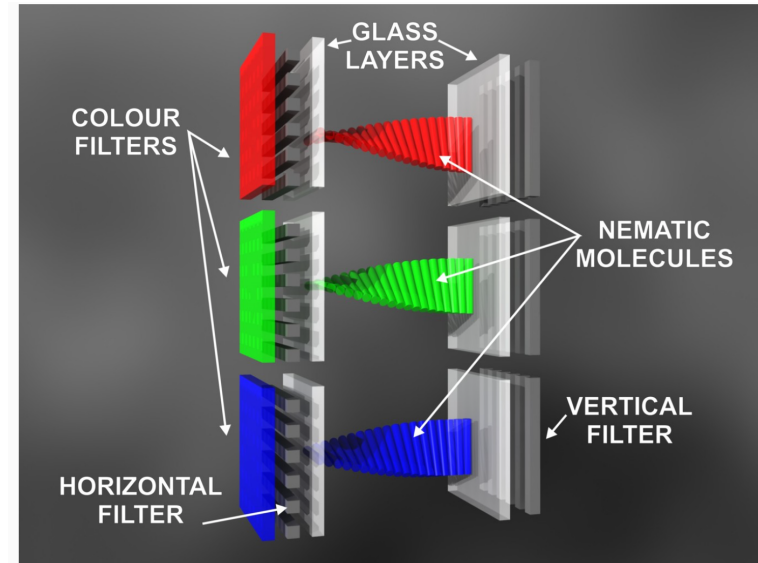


□ LCD:

- Luz Azul de fondo con filtro de fosforo para regular la intensidad de cada color:

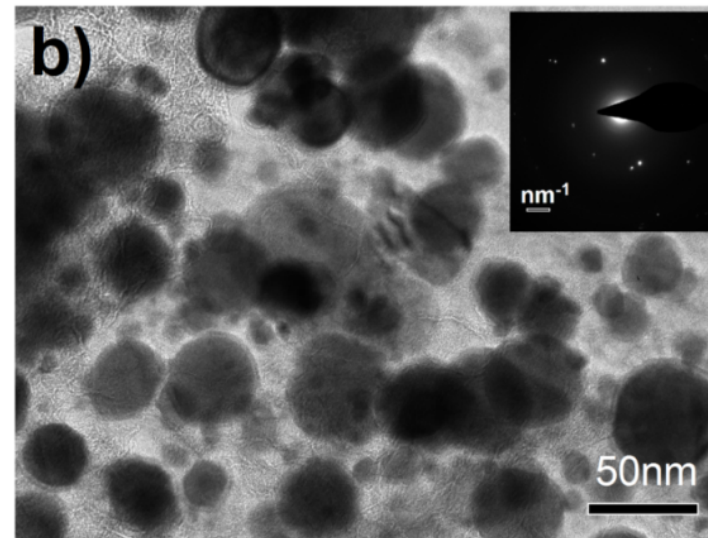
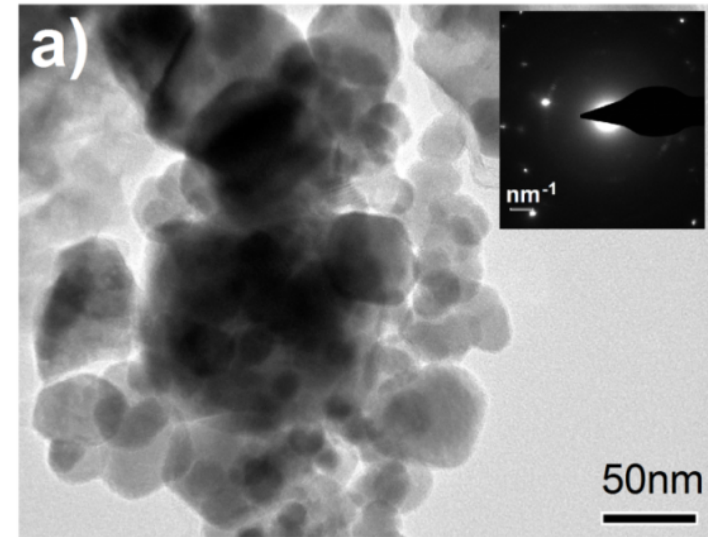
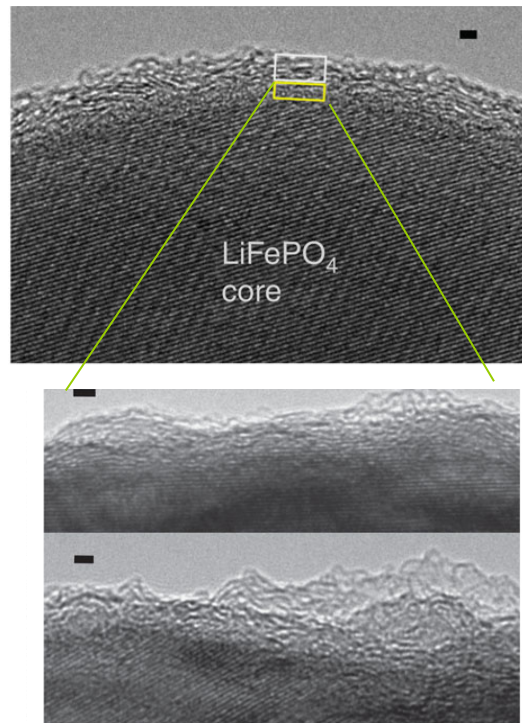
□ QDLED:

- Mantiene la alimentación trasera, pero no hay filtro de fosforo.
- Llega más luz y cada diodo emite más intensidad y a longitud de onda más definida.
- Samsung HD TV quantum dot



1.3 Baterías de ion-Litio

- Mayor durabilidad
- Mayor Carga
- Carga más rápida
- Seguridad

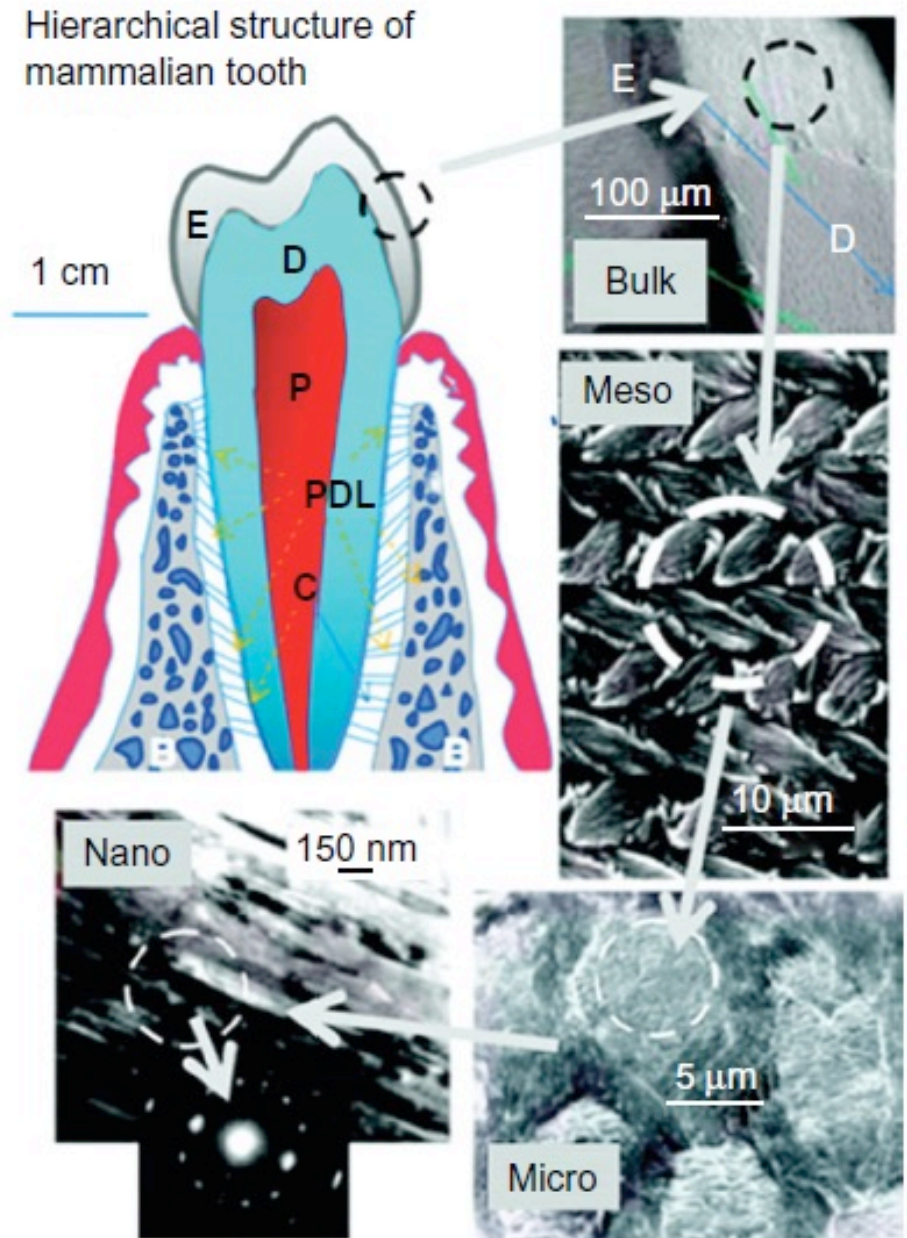
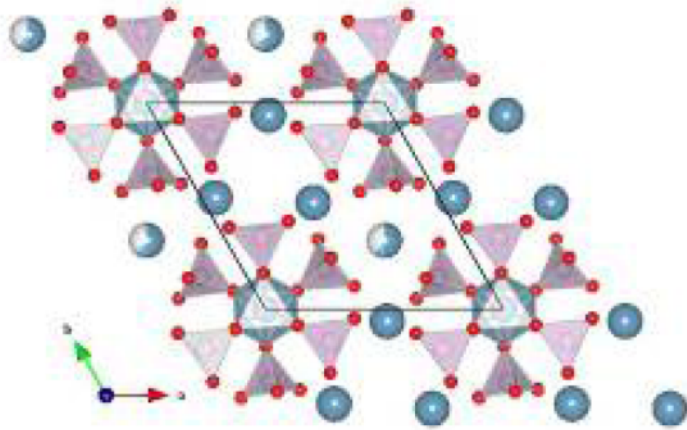
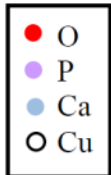


1.3 Aerogeles: Silicatos Porosos



1.3 Biomimética:

La naturaleza también usa la nanotecnología



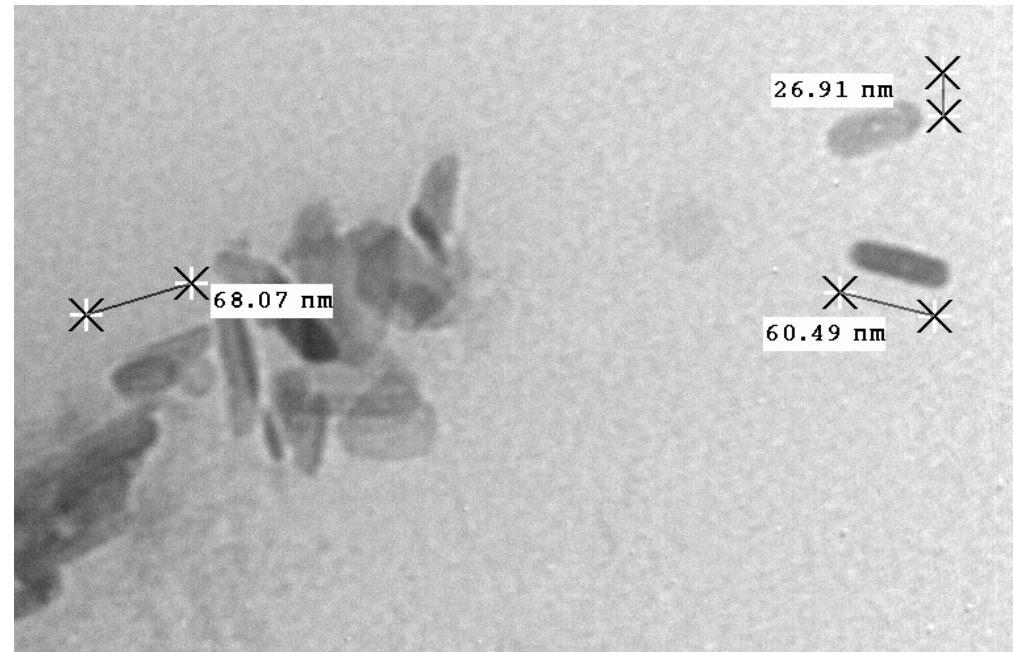
1.3 Síntesis Biomimética:

Nanocristales

La síntesis biomimética permite obtener nanocristales de HAP, de tamaño similar al que se presenta a nivel óseo.

- Largo: 30 - 50 nm
- Ancho: 20 - 25 nm
- Espesor: 1 - 4 nm

Condiciones biomiméticas:
37 °C y pH = 7



100 nm

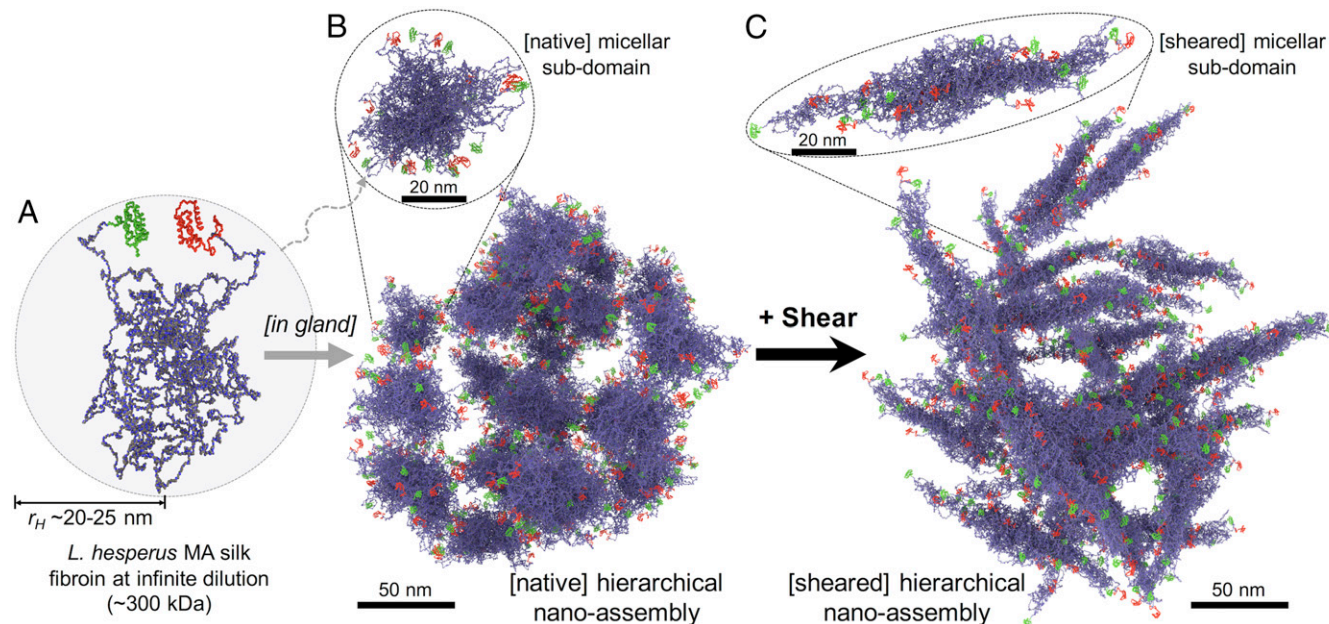
HV=80kV

TEM Mag = 150000x

1.3 Más ejemplos:

Hierarchical spidroin micellar nanoparticles as the fundamental precursors of spider silks

Lucas R. Parent^{a,b,c,1}, David Onofrei^{d,1}, Dian Xu^{e,f}, Dillan Stengel^d, John D. Roehling^g, J. Bennett Addison^d, Christopher Forman^{a,b,c}, Samrat A. Amin^{e,f}, Brian R. Cherry^{e,f}, Jeffery L. Yarger^{e,f}, Nathan C. Gianneschi^{a,b,c,2}, and Gregory P. Holland^{d,2}



1.3 Conceptos: Metodologías: Top-Down & Bottom-Up

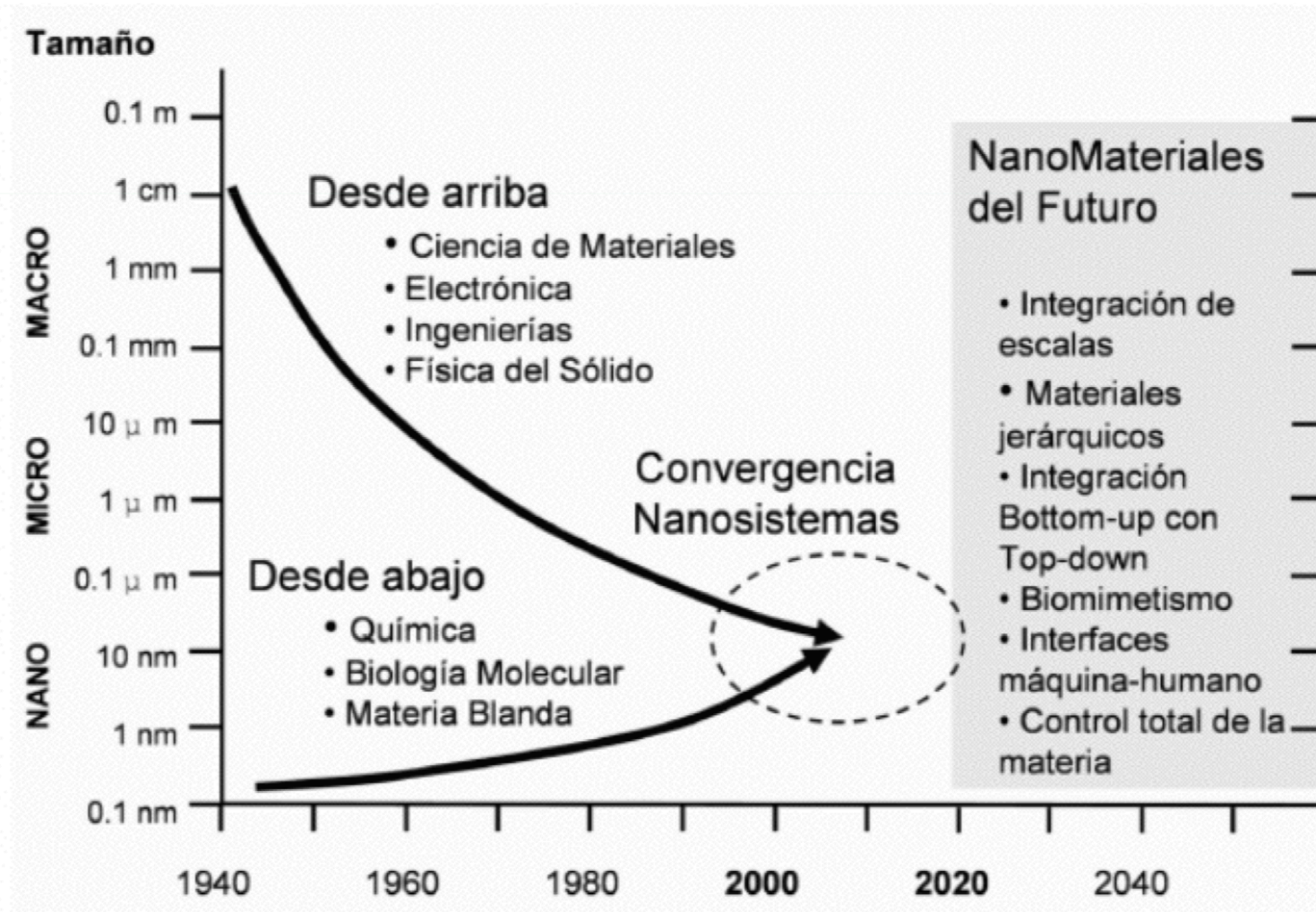
□ Top-down:

Reducción de tamaño. Los mecanismos y las estructuras se miniaturizan a escala nanométrica. Este tipo de Nanotecnología ha sido el más frecuente hasta la fecha.

□ Bottom-Up:

Auto ensamblado. Se comienza con una estructura nanométrica como una molécula y mediante un proceso de montaje o auto ensamblado, se produce el crecimiento. Este enfoque, que algunos consideran como el único y "verdadero" enfoque nanotecnológico, ha de permitir que la materia pueda controlarse de manera extremadamente precisa.

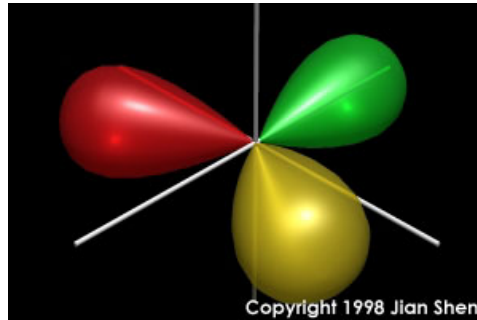
1.3 Top-Down & Bottom-Up



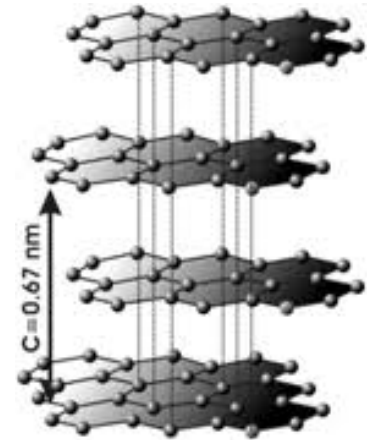
2. Materiales de Carbono



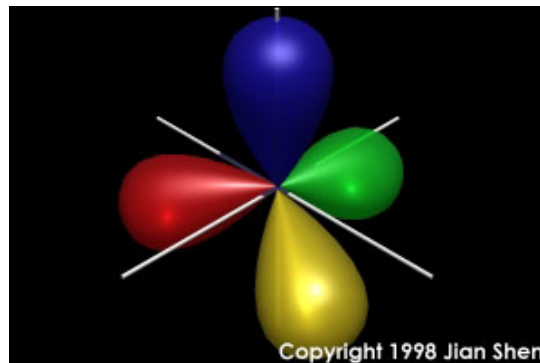
grafito



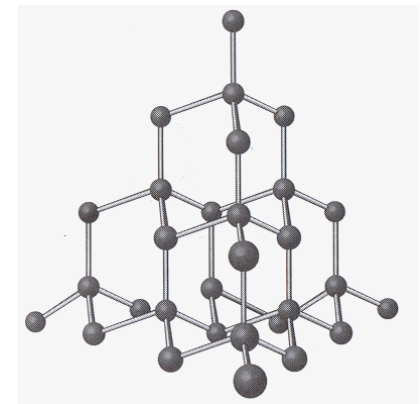
sp²



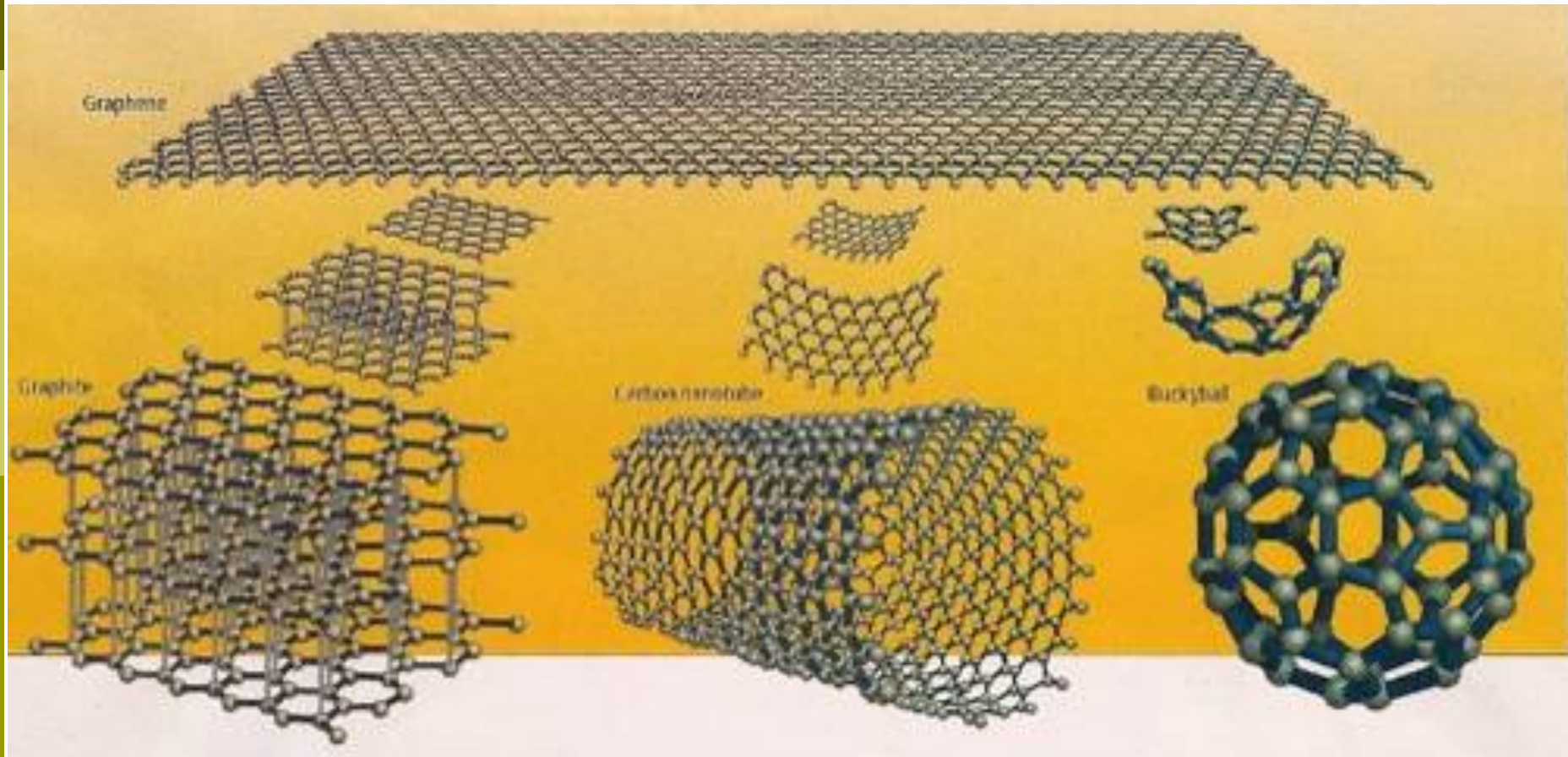
diamante



sp³

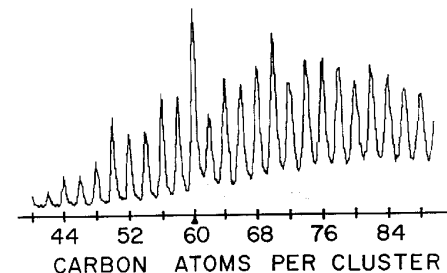
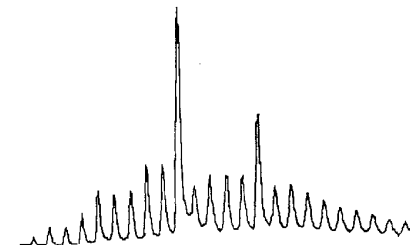
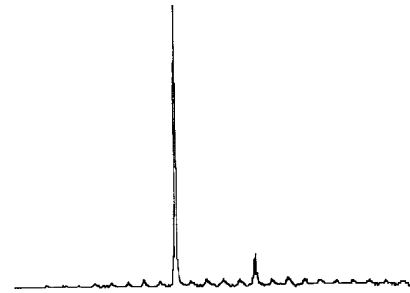
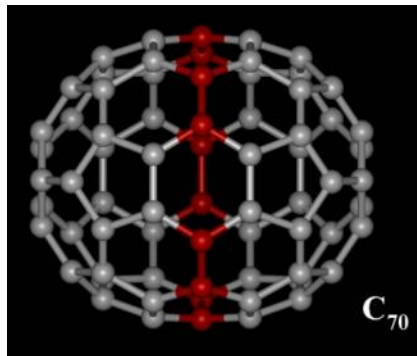
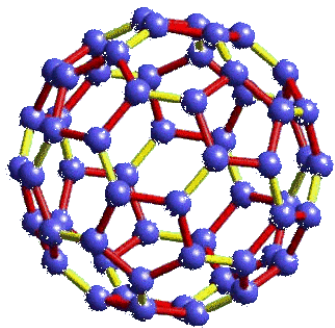


2. Otras formas alotrópicas

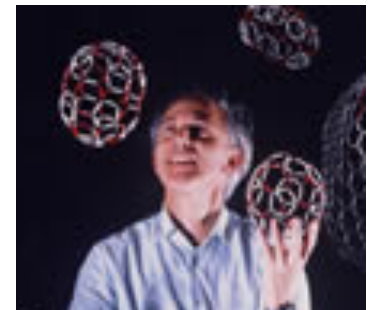


2. Fullerenos: C₆₀, C₇₀, etc.

Curl, Kroto y Smalley son desbubiertos en 1985
Reciben el Nobel de Química en 1996



**Domo geodésico diseñado por
R. Buckminster Fuller**



2. ¿Pero fueron los primeros?

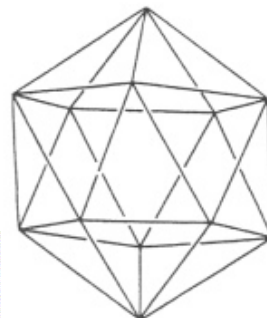
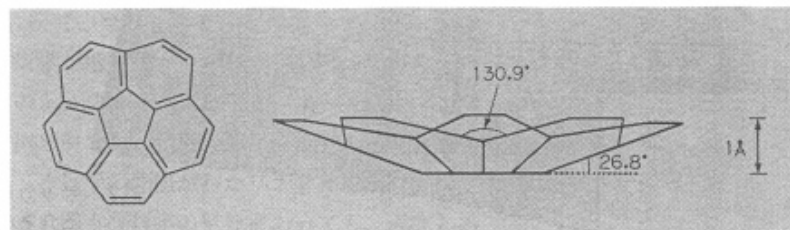
E. Osawa, predijo la posibilidad de una molécula estable de C_{60} en 1970 usando un simple modelo de Hückel.

Fue su único artículo publicado en Japonés!

Russian quantum chemists D. Bochvar and E. Galpern predicted the stability of C_{60} "footballene" in 1973 [Doklady Akademii Nauk 1972]

В 1973 году московские химики Дмитрий Бочвар и Елена Гальперн подсчитали, что квантовая химия теоретически допускает существование и некой новой разновидности углерода, молекула которого должна быть копией футбольного мяча: сфера, составленная из шестигранников или пятигранников.

サッカーボール分子 C_{60} の発想のきっかけとなったコランニュレン分子の構造



(12)



(13)



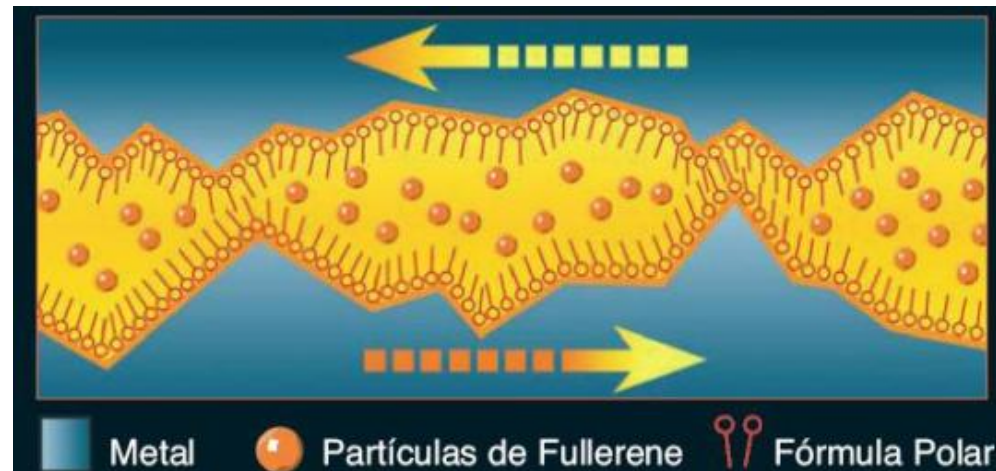


Fullerenes in Space.

Maier JP, Campbell EK. Angew Chem Int Ed Engl. 2017 Apr 24;56(18):4920-4929.

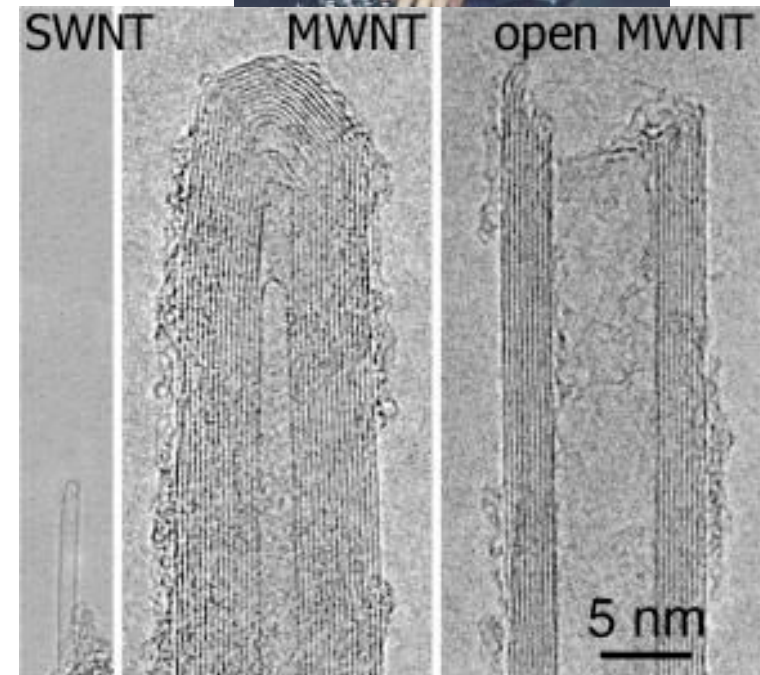
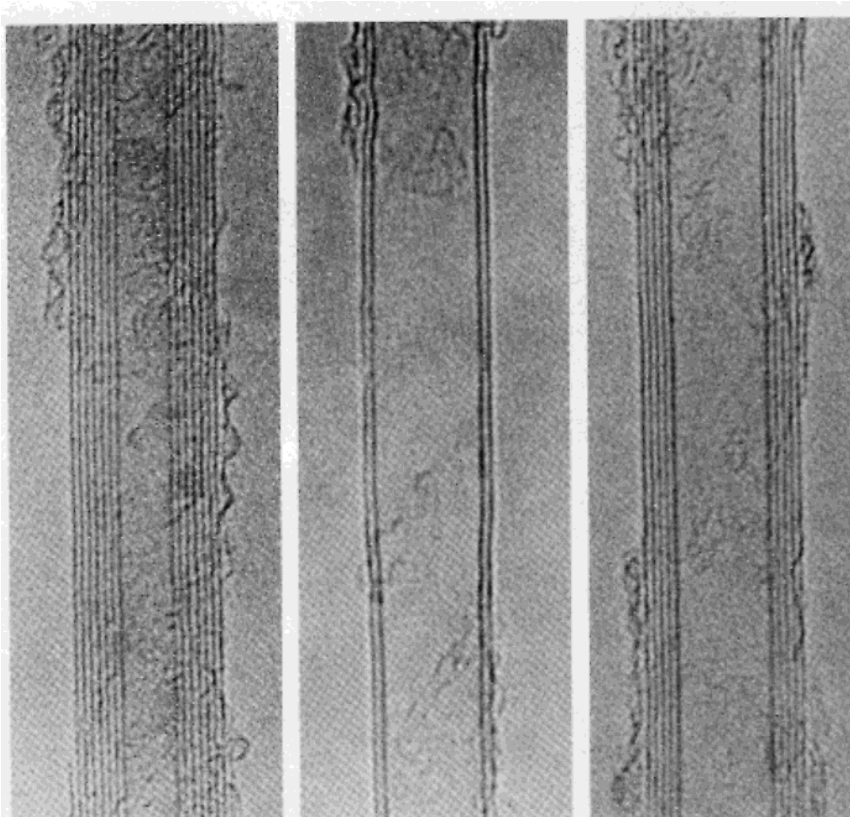
2. Fullerenos: Aplicaciones

- ❑ Lubricantes: aditivo para aceites (Bardhal)
- ❑ Almacenamiento de Hidrógeno
- ❑ Aceptor para celdas solares
- ❑ Nanovehículo para liberación de principios activos

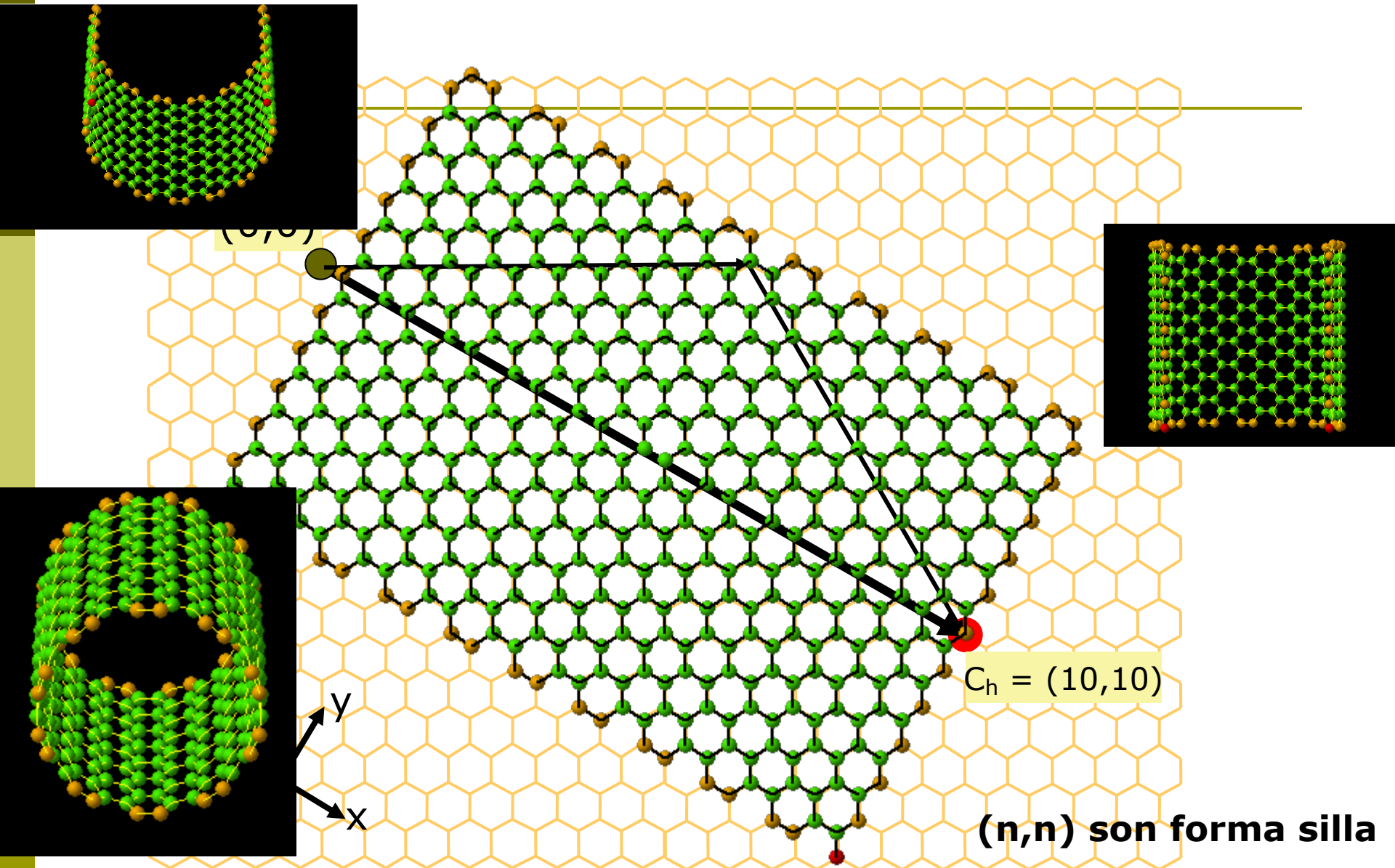


2. Nanotubos de Carbono:

"Helical microtubules of graphitic carbon",
S. Iijima, Nature 354, 56 (1991)



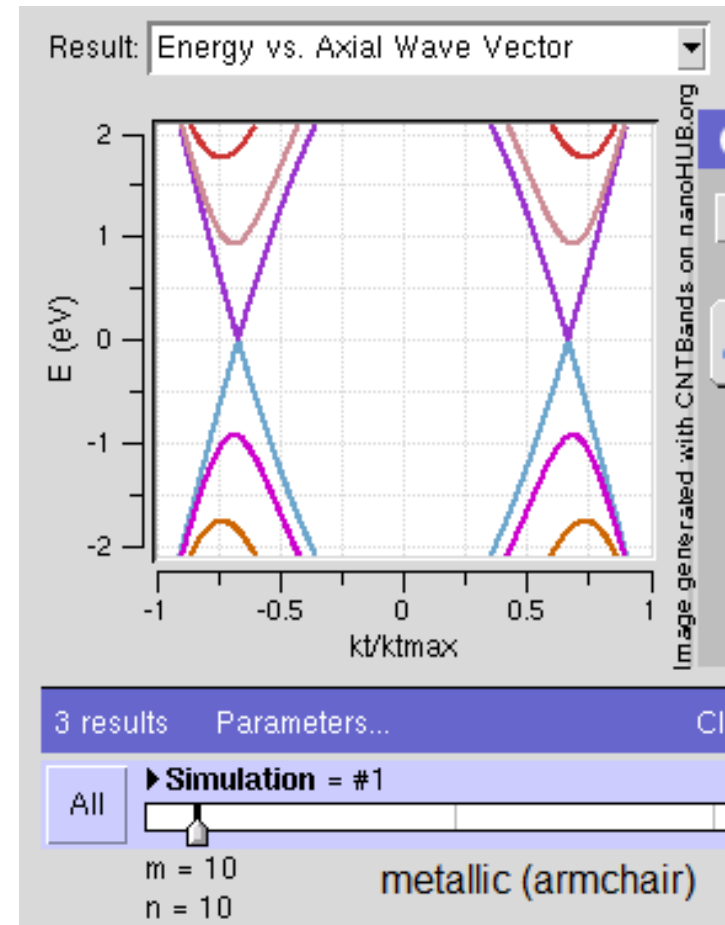
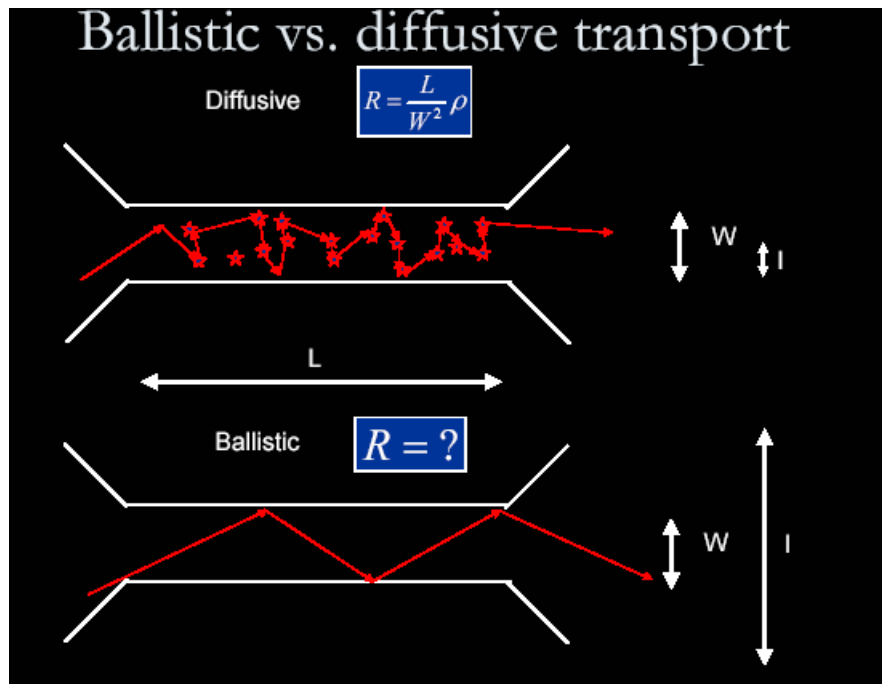
Plegamiento quilaridad (10,10) SWNT



Animation: Shigeo Maruyama, Tokyo University

(n,n) son forma silla
(n,0) son zig-zag

2. CNT: Propiedades electrónicas



2. Tabla Periódica de los SWCNT

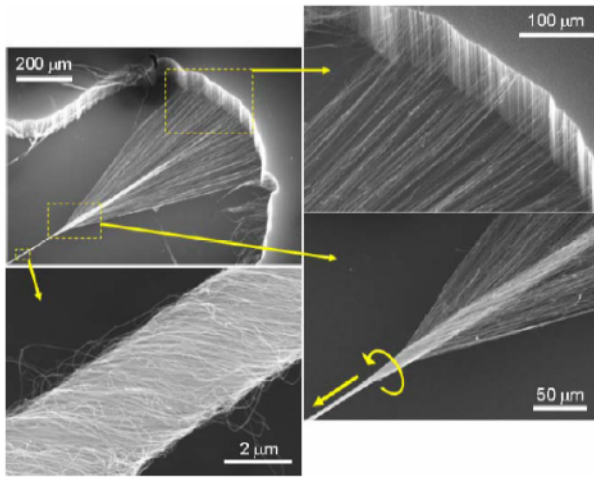
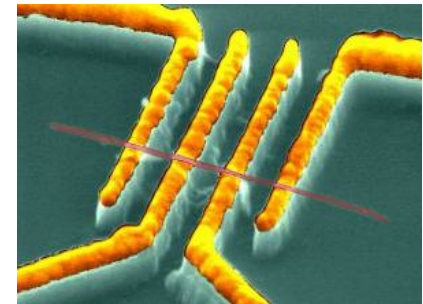
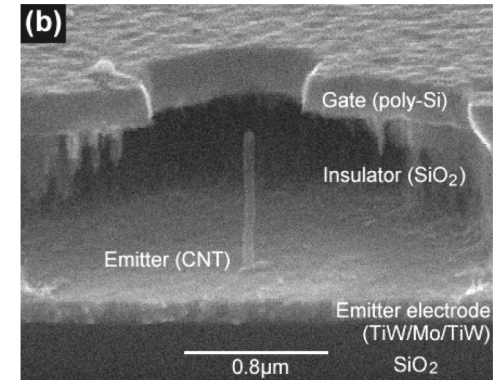
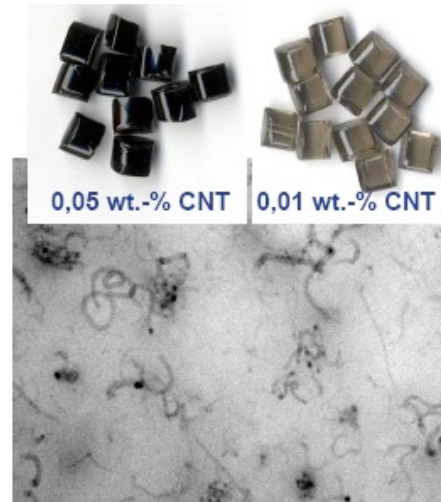
Periodic Table of Carbon Nanotubes



Quantum
Wise

2. CNT: Aplicaciones

- Electrónica: pueden ser conductores y asilantes
- Refuerzo de polímeros: propiedades mecánicas.
- Sensores
- Transporte de Calor
- Fibras



2. Grafeno:

Premio Nobel de Física 2010

Novoselov, et al Science 306 (2004),666



The Nobel Prize in Physics 2010
Andre Geim, Konstantin Novoselov

The Nobel Prize in Physics 2010

Nobel Prize Award Ceremony

Andre Geim

Konstantin Novoselov



Photo: U. Montan

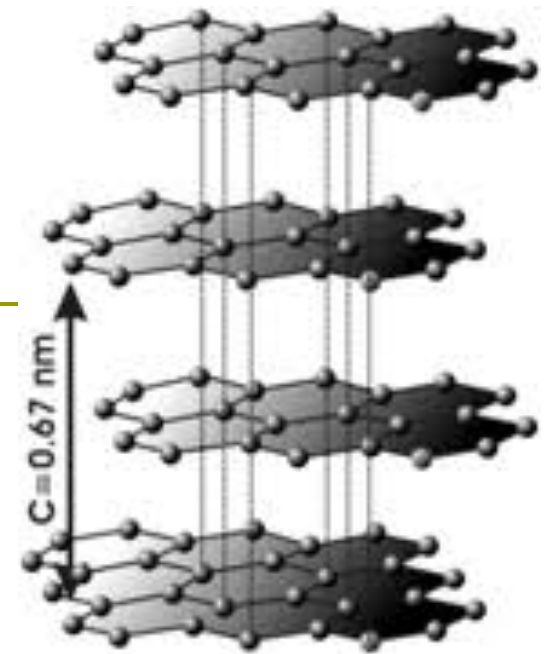
Andre Geim



Photo: U. Montan

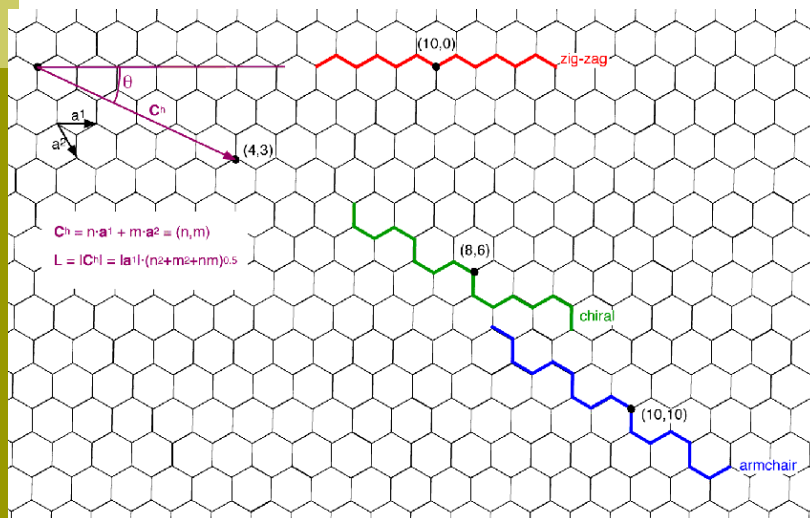
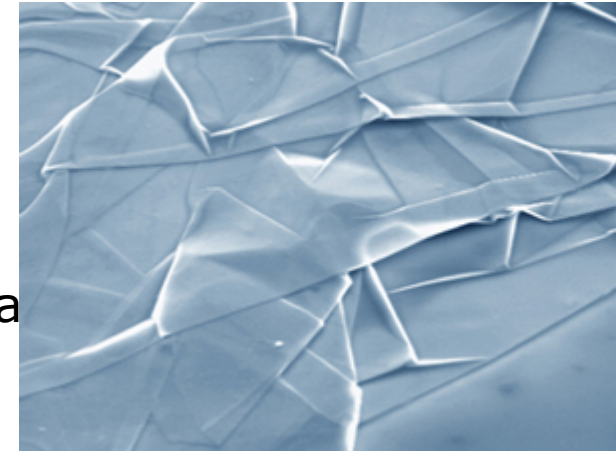
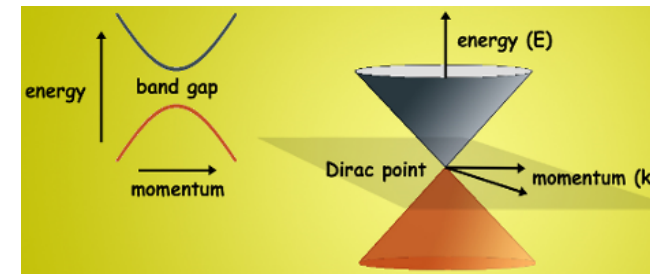
Konstantin Novoselov

The Nobel Prize in Physics 2010 was awarded jointly to Andre Geim and Konstantin Novoselov *"for groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene"*

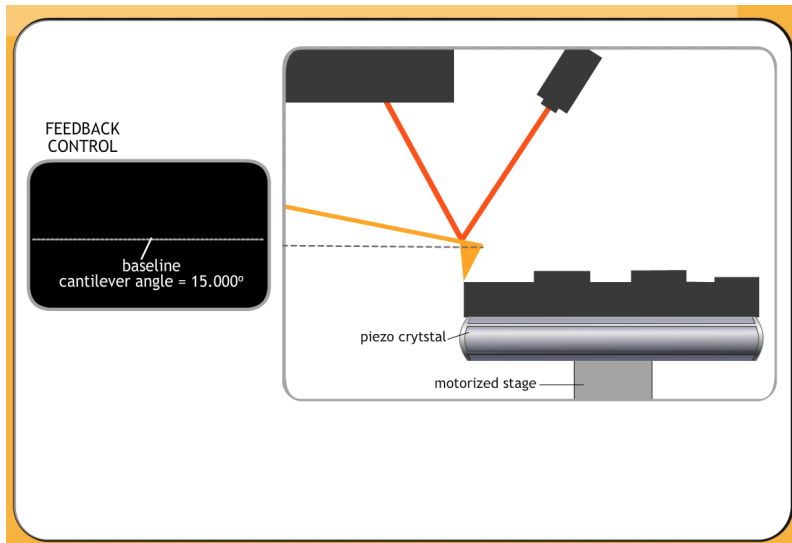


2. Grafeno: Propiedades

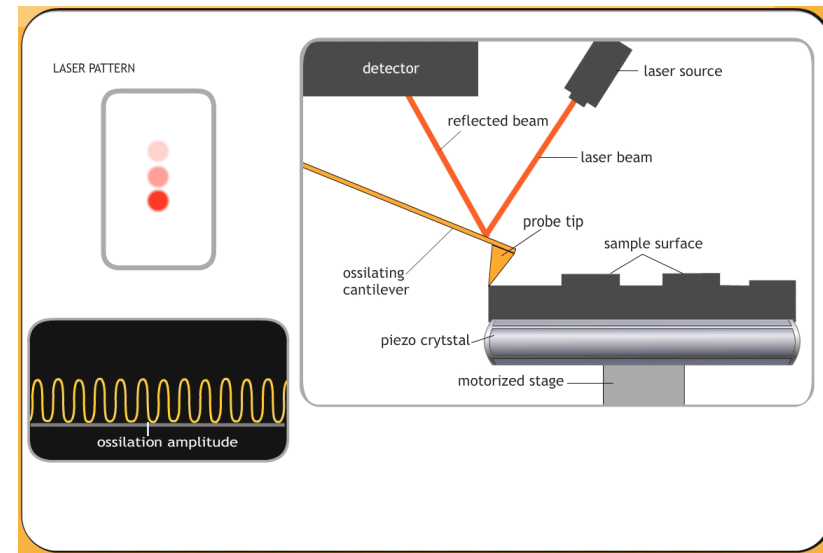
- Comportamiento fermiónico de masa cero
- Velocidad de portadores cercana a la de la luz
- Alta conductividad eléctrica
- Alta conductividad térmica
- Es el material con mayor dureza conocido hasta el momento



2. Microscopio de Fuerza Atómica

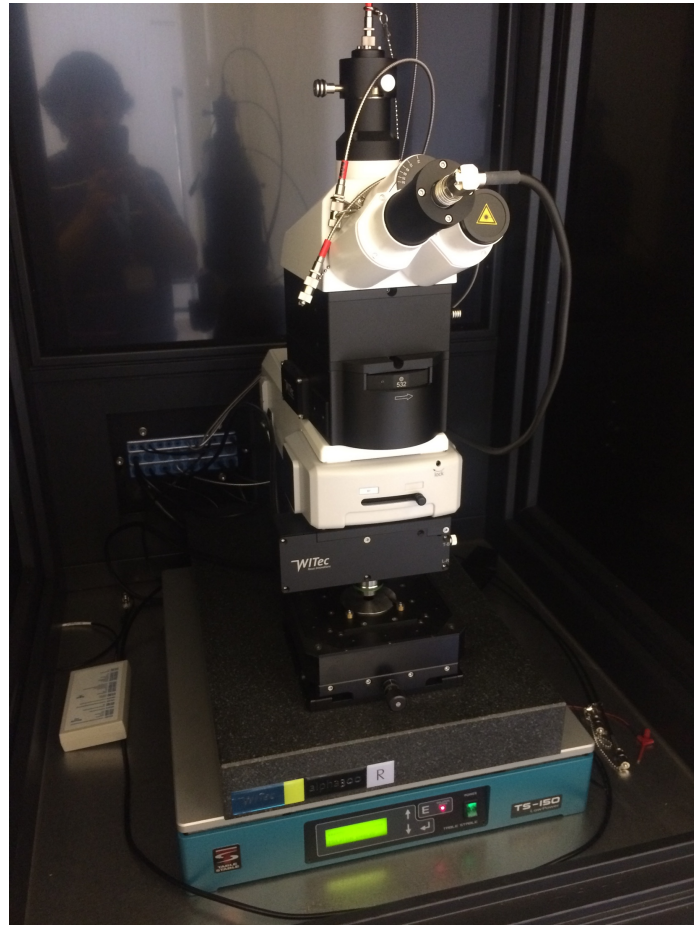
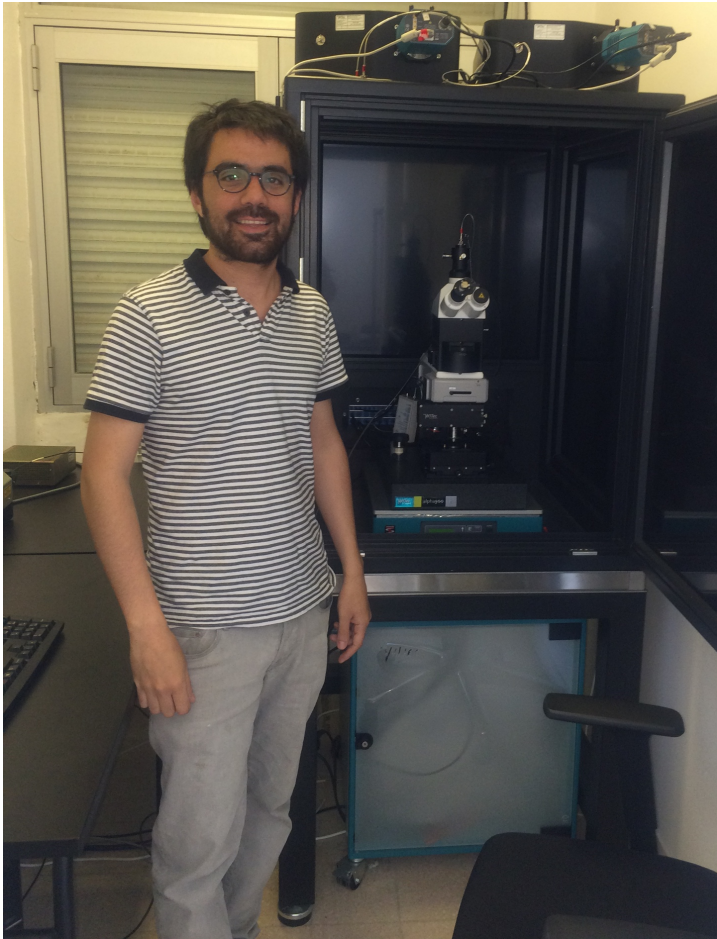


Contacto



AC Mode

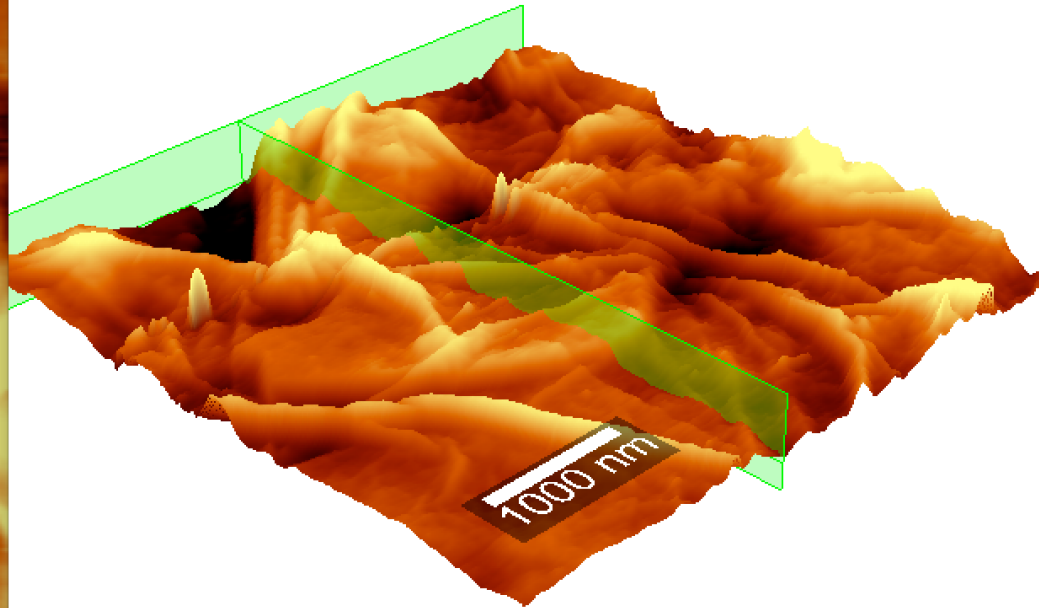
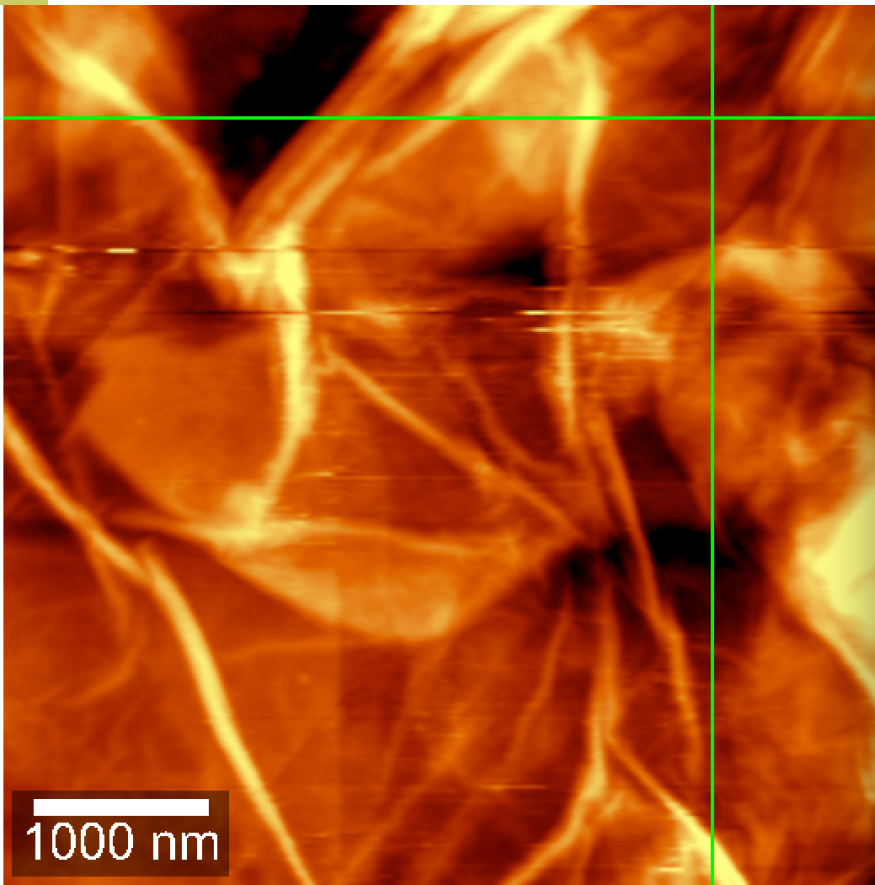
2. Microscopio Raman+AFM



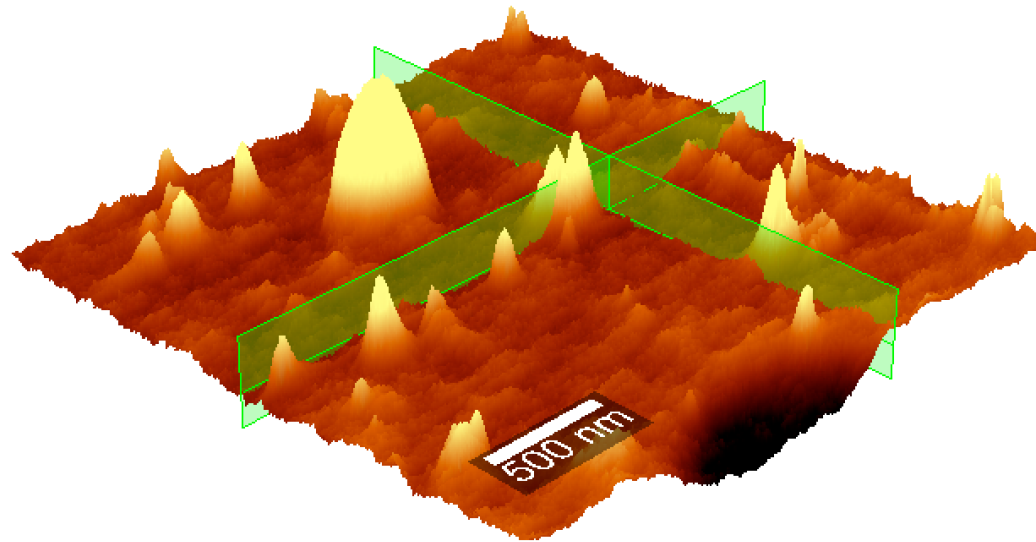
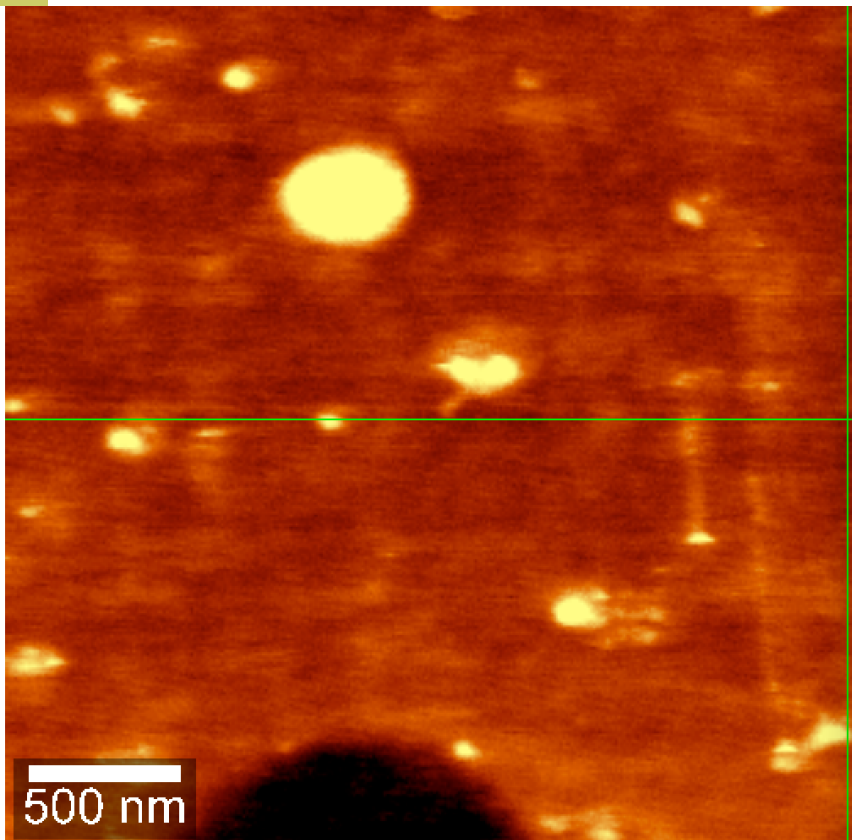
Centro NanoMat, Facultad de Química. Udelar

2. Grafeno: Microscopia de Fuerza Atómica (AFM)

Hoja de Grafeno preparada por mixer de alta velocidad y tensoactivos.

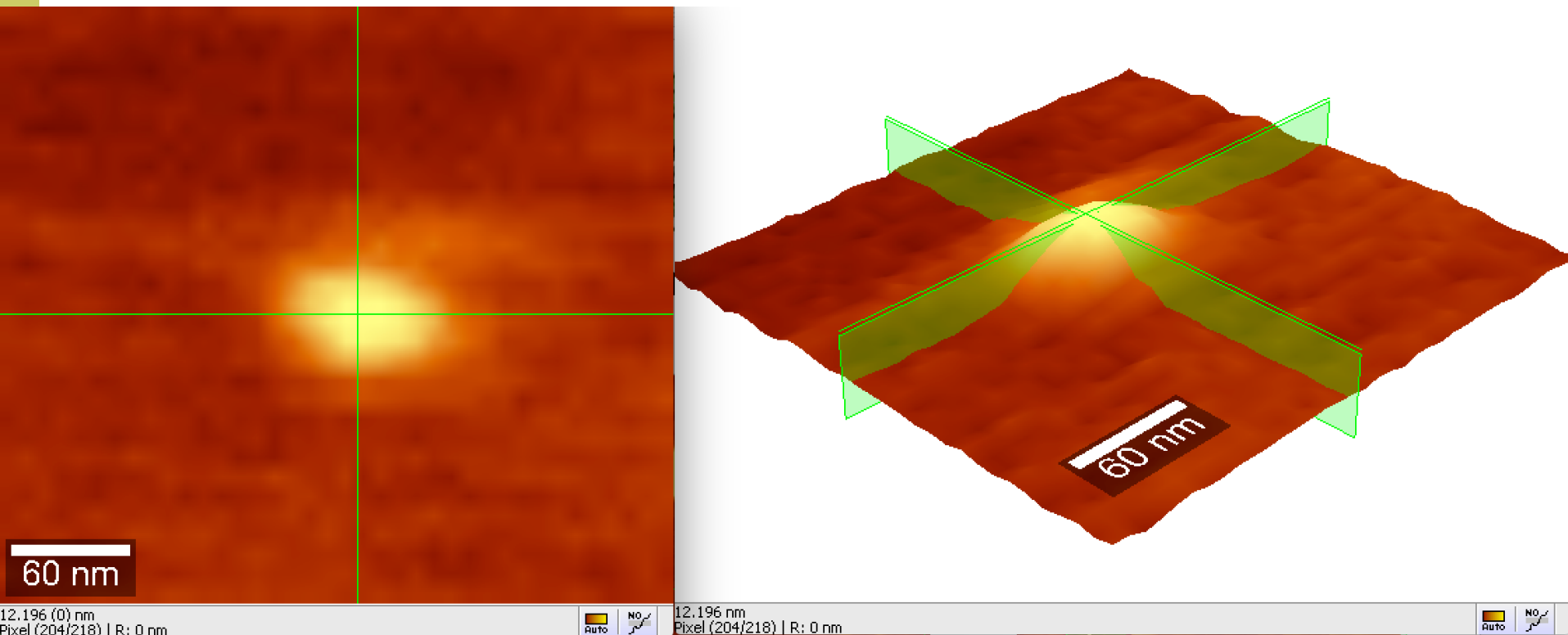


2. Grafeno: Puntos Cuánticos



2. Puntos Cuánticos de Grafeno

- ▣ Puntos cuánticos de grafeno (GQD)
- ▣ 60 nm de diámetro y 12 nm de alto



Síntesis

*Método hidrotermal
bajo presión endógena*



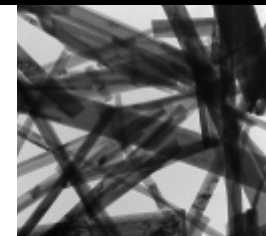
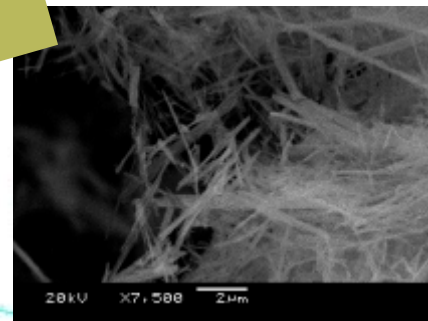
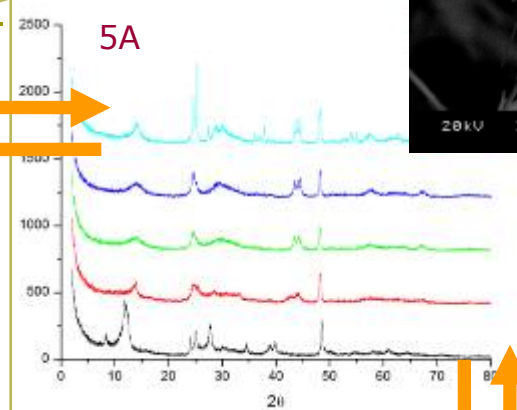
NaOH(ac) 10M

$120^{\circ} \text{ C} < T_r < 150^{\circ} \text{ C}$

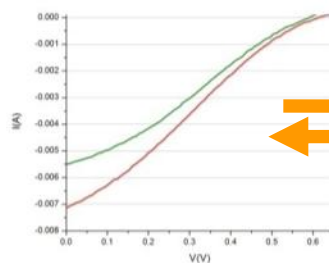
$24\text{h} < t_r < 68\text{h}$

(Anatasa(A) , Rutilo(R), o A/R 50% p/p)

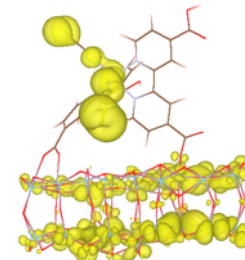
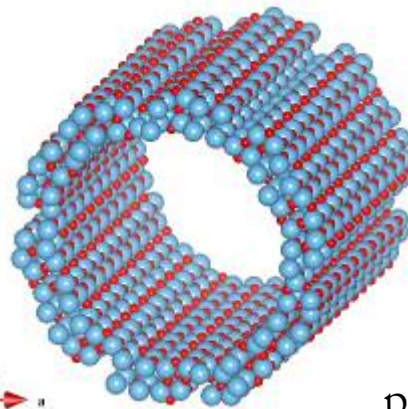
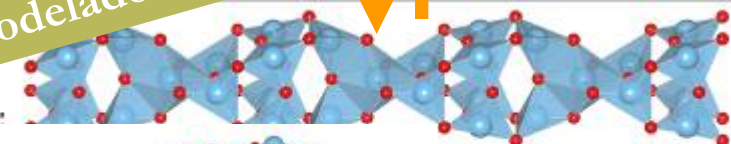
Caracterización: XRD, SAXS, Raman



Prototipos



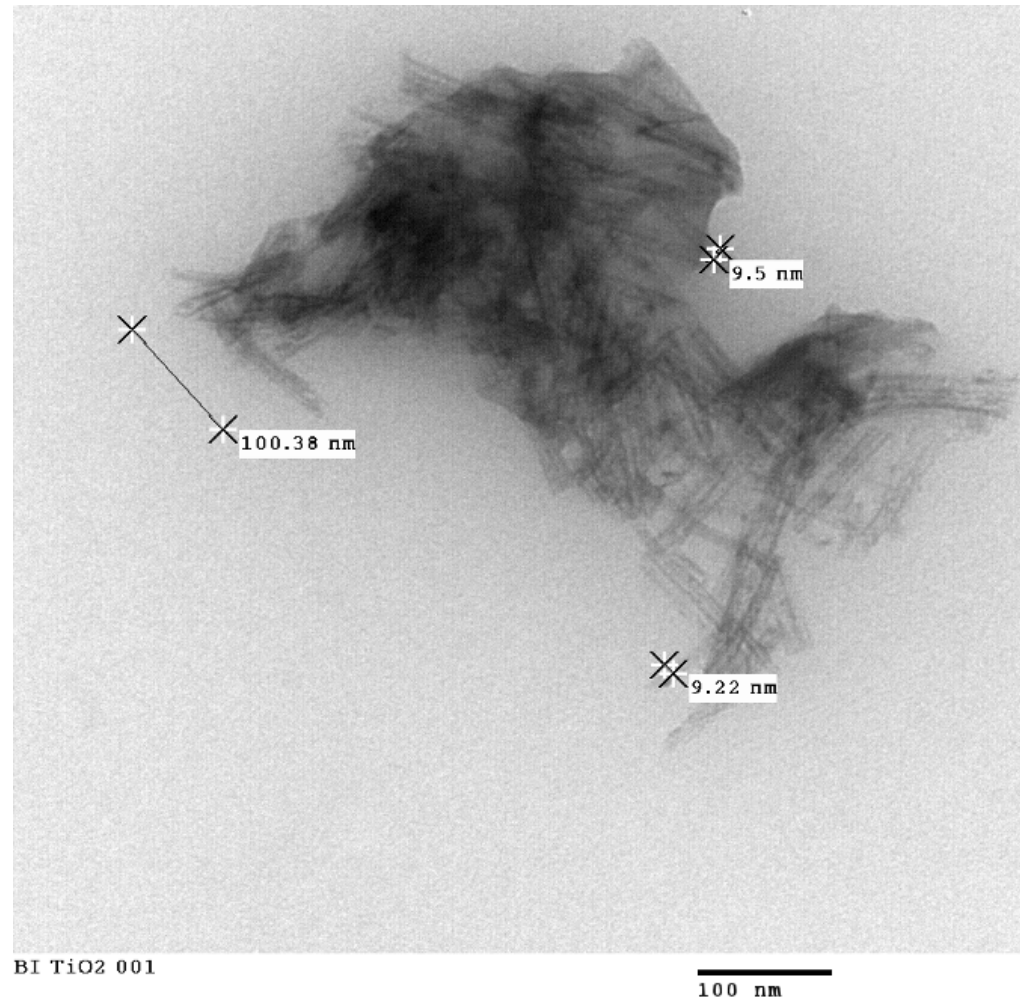
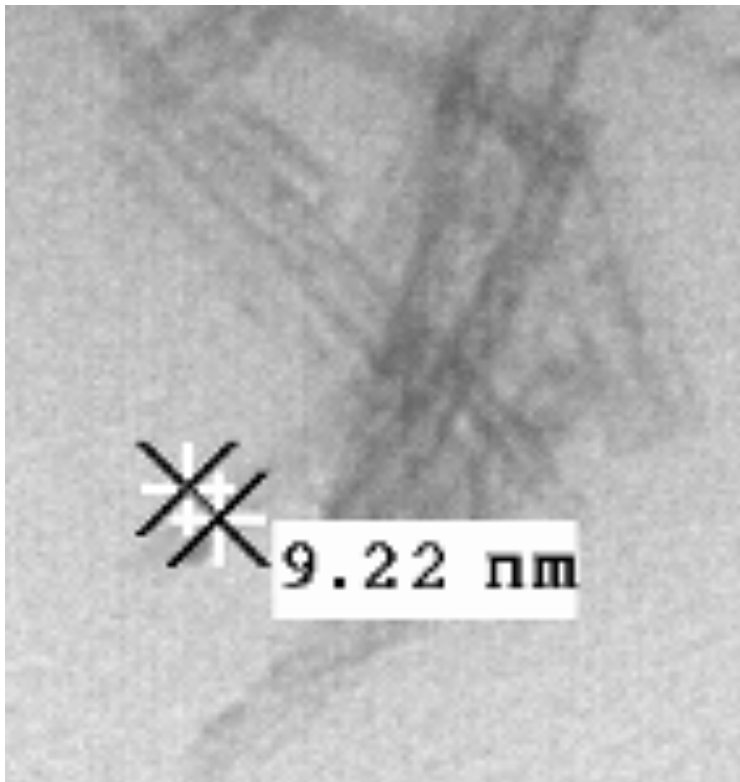
Modelado



Cálculos teóricos
por *primeros principios*

2. Celdas Solares:

-Nanotubos de óxido de titanio.



2. Celdas Solares:

▣ Respuesta



2. Celdas Solares: Medias de Eficiencia

Simulador solar AM 1.5

- $FF = 0.59$
- Eficiencia = 7.7 %

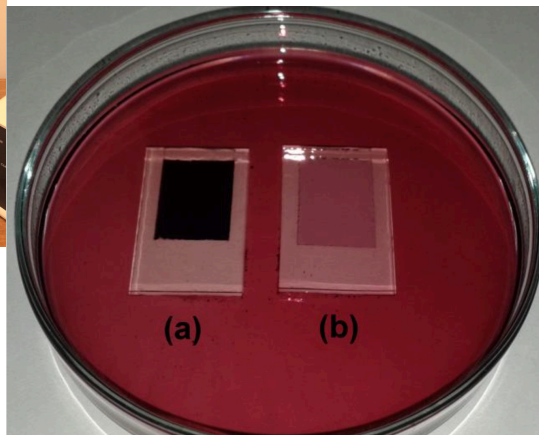
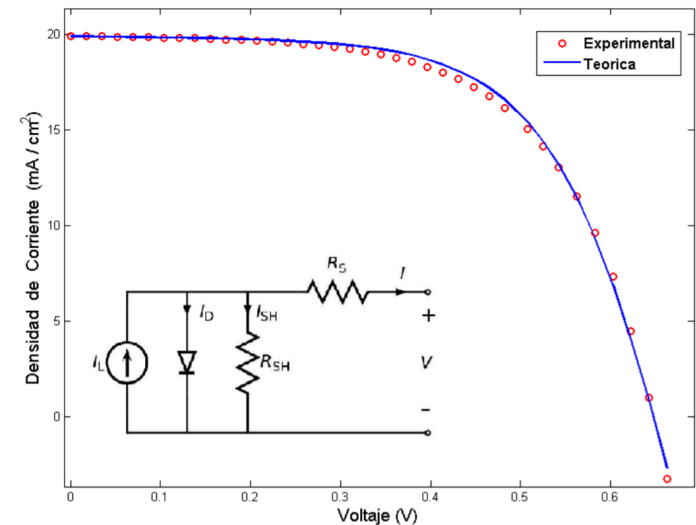
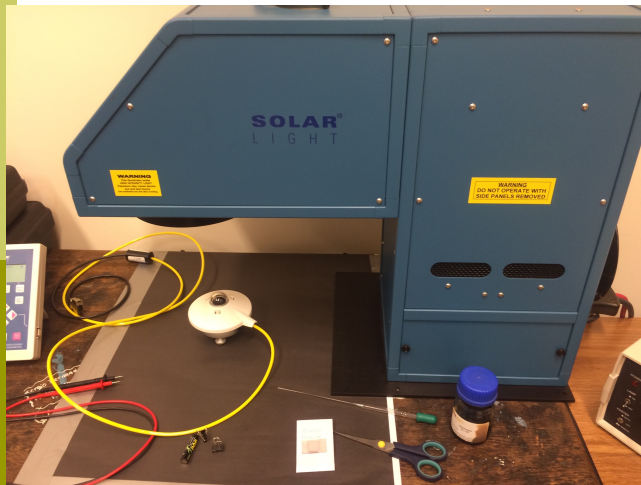


Figura 2.6-1: Fotoelectrodos basados en NTs (a) y en anatasa nanométrica (b) embebidos en solución colorante.

2. Celdas Solares: Simulación

Si el colorante se adsorbe sobre las nanopartículas de óxido de titanio, la absorción óptica se ubica en la región visible.

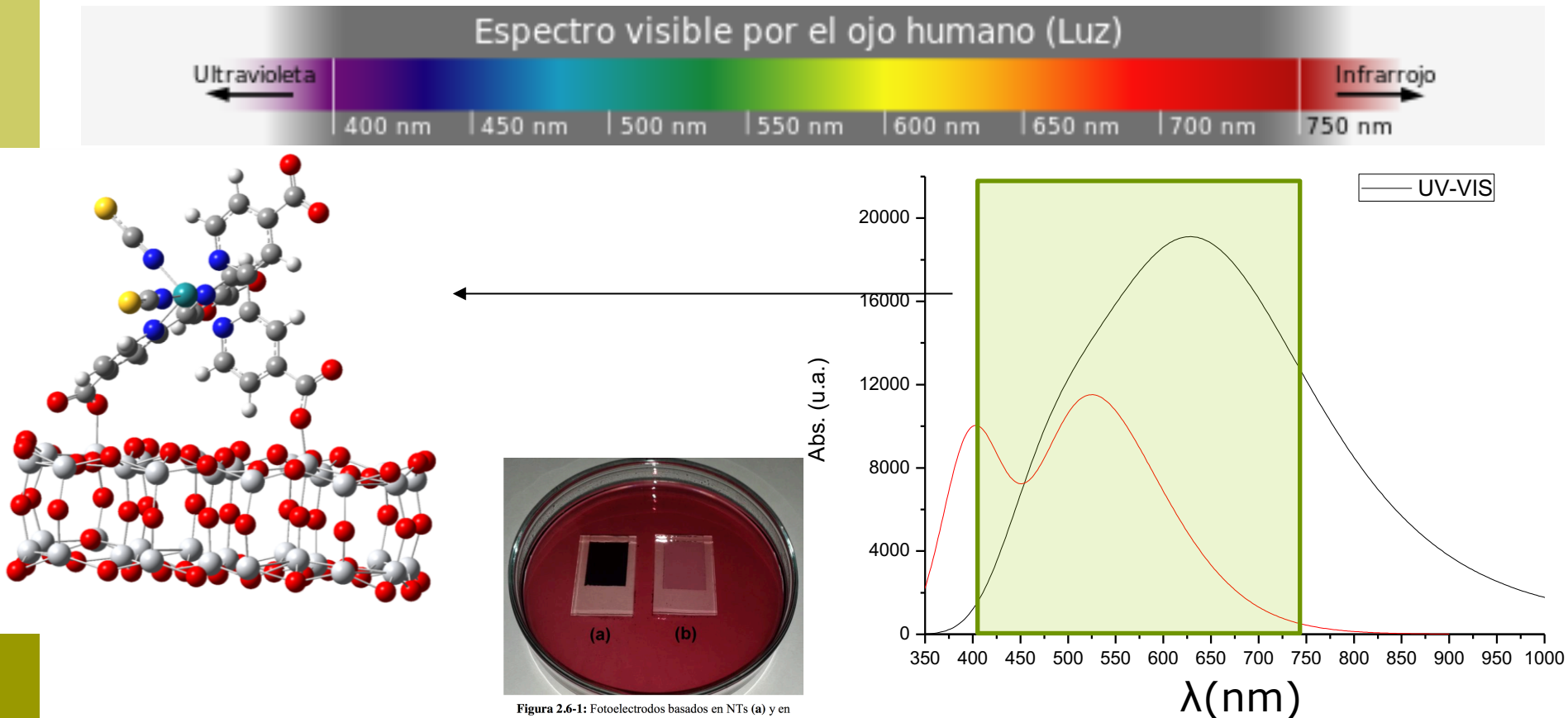


Figura 2.6-1: Fotoelectrodos basados en NTs (a) y en anatasa nanométrica (b) embebidos en solución colorante.

3. Conclusiones Finales

- ❑ Nanotecnología ya está entre nosotros.
- ❑ La región cuenta con herramientas para investigar en Nanociencia y desarrollarse Nanotecnología.
- ❑ Aspectos de Control y Regulación.
- ❑ Nanociencia: interacción teórica-experimental es clave
 - Predecir el comportamiento de los materiales
 - Entender el comportamiento de los materiales
- ❑ Nanotecnología: Existen recursos estratégicos en la región como para desarrollarse en la nanotecnología.

Agradecimientos



20 al 26 de mayo
Semana de la Ciencia y la Tecnología

□ Organización

□ Centro-NanoMat:

- Dr. Álvaro W. Mombrú
- Dra. Helena Pardo
- Dra. Luciana Fernández-Werner
- Dr. Mariano Romero
- Lic. Benjamín Montenegro
- Lic. Dominique Mombrú
- Lic. Fernando Pignanelli
- Lic. Martín Esteves

rfaccio@fq.edu.uy



AGENCIA NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN





URUGUAY 2019

20 al 26 de mayo

Semana de la Ciencia y la Tecnología

¡Muchas Gracias!

¿Preguntas?



rfaccio@fq.edu.uy

