



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

NANOMATERIALES

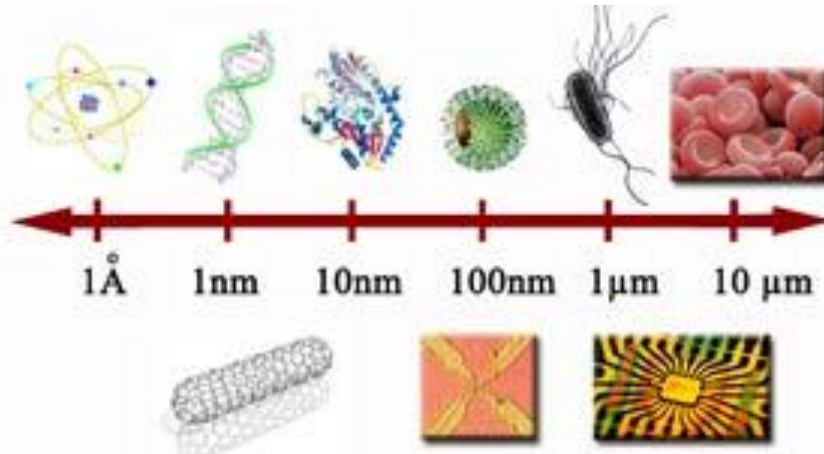
CIENCIA DE LOS MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

NANOCIENCIA, NANOTECNOLOGÍA Y NANOMATERIALES

En término de unidades, el nivel micro está referido a una millonésima. El nano a una milmillonésima. El meso a una milésima. El macro a un metro. El nivel de sistema a un kilómetro. La referencia es a la longitud en vez de otras propiedades, como de volumen o masa.



La nanociencia es el estudio de átomos, moléculas y objetos cuyo tamaño se mide a escala nanométrica (de 1 a 100 nanómetros).

Escala física en materiales y estructuras

Elementos	MATERIALES		ESTRUCTURAS	INFRAESTRUCTURA	
Nivel	Nano	Micro	Meso	Macro	Sistema
Escala	Molecular	Micrones	Metro		Más de un km
Campos	Nanomecánica Autoensamblaje Nanofabricación	Micromecánica Microestructuras Materiales inteligentes	Mesomecánica Estructuras de interfase Compuestos	Vigas Columnas Placas	Sistemas de enlace Líneas Aeroplanos

Se entiende por nanotecnología al análisis, síntesis, diseño, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas a través del control de la materia a nanoescala, así como el aprovechamiento de fenómenos y propiedades de la materia a ese nivel.

La nanociencia y la nanotecnología son nuevas herramientas para la investigación, la innovación y el desarrollo a partir del control de la estructura fundamental y el comportamiento de la materia a nivel atómico. Se utiliza para generar nuevas propiedades y usos, como: la inclusión de nanopartículas para reforzar materiales, la mejora de propiedades de materiales diseñados para trabajar en condiciones extremas, la investigación para detectar y neutralizar la presencia de microorganismos o compuestos químicos adversos.

El término Nanomateriales engloba todos aquellos materiales desarrollados con al menos una dimensión en la escala nanométrica. Cuando esta longitud es,

además, del orden o menor que alguna longitud física crítica, tal como la longitud de Fermi del electrón, la longitud de un monodominio magnético, etc., aparecen propiedades nuevas que permiten el desarrollo de materiales y dispositivos con funcionalidades y características completamente nuevas. En esta área, por lo tanto, se incluyen agregados atómicos (clusters) y partículas de hasta 100 nm de diámetro, fibras con diámetros inferiores a 100 nm, láminas delgadas de espesor inferior a 100 nm, nanoporos y materiales compuestos conteniendo alguno de estos elementos. La composición del material puede ser cualquiera, si bien las más importantes son silicatos, carburos, nitruros, óxidos, boruros, seleniuros, telururos, sulfuros, haluros, aleaciones metálicas, intermetálicos, metales, polímeros orgánicos y materiales compuestos.

IDENTIFICACIÓN DE NANOMATERIALES

- **Nanocompuestos:** Se trata de materiales creados introduciendo, en bajo porcentaje, nanopartículas en un material base llamado matriz. Como resultado se obtienen materiales con propiedades distintas a las de los materiales constituyentes. Por ejemplo en propiedades mecánicas (como la rigidez y la resistencia). Los nanopolímeros son usados para relleno de grietas en estructuras afectas por sismos.
- **Nanopartículas:** Se trata de partículas muy pequeñas con al menos una dimensión menor de los 100 nm. Las nanopartículas de silicato y las metálicas, se usan en los nanocompuestos poliméricos.
- **Nanotubos:** Son estructuras tubulares con diámetro nanométrico. Aunque pueden ser de distintos materiales, los más conocidos son los de silicio y principalmente, los de carbono. Son tipo canuto o de tubos concéntricos (o multicapa). Algunos están cerrados por media esfera de fullereno (o fullereno), una forma estable del carbono, del nivel siguiente al del diamante y el grafito.

SUPERFICIES NANOMODULADAS

- **Materiales Nanoporosos:** Principalmente de sílica y alúmina. Usados, por ejemplo, para captura de elementos nocivos.
- **Nanocapas:** Se trata de recubrimientos con espesores de nanoescala. Son usados en barnices, lubricantes o para endurecer compuestos frágiles o como protección ante la corrosión.
- **Nanoestructuras Biológicas:** Materiales biomiméticos a escala nanométrica. Como por ejemplo, polímeros usados como base para el crecimiento de la piel o gomas antimicrobianas.

APLICACIONES Y PREOCUPACIONES EN RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE

El uso cada vez mayor de la nanotecnología y los nanomateriales es recibido con beneplácito y también con preocupación en relación con el medio ambiente.

Por el lado de las aplicaciones útiles para el medio ambiente tenemos:

- Membranas mejoradas en porosidad, morfología y superficie para el tratamiento de agua.
- Nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) y nanotubos de carbono actuando con contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en agua, con fines de adsorción y agregación.
- Muro biológicamente activo de nanotubos de carbón.
- Uso de dióxido de titanio en la purificación de agua y aire.
- Empleo de hierro a nanoescala para adsorción y destrucción de contaminantes orgánicos en agua.
- Uso de nanotubos de carbono para remover plomo en agua, y ensayos respecto a otros metales.

Por el lado de las preocupaciones tenemos:

- Toxicidades de partículas y fibras provenientes de nanomateriales.
- El ciclo de vida de los nanomateriales.
- El destino del material contaminante por adsorción desde el agua.
- Biodegradabilidad y persistencia de nanomateriales basados en polímeros.
- Relanzamiento de nanomateriales tóxicos al ambiente.
- La efectividad de los métodos de remoción de nanomateriales tóxicos del ambiente.
- Uso mal intencionado de los nanomateriales.

Como aspectos positivos se puede notar que los nanomateriales:

- Son promisorios en reducir desperdicios, limpieza de contaminación industrial, provisión de agua potable y mejora de la eficacia de la producción y uso de la energía.
- Pese a su escaso tamaño pueden integrarse en grandes superficies o volúmenes de contaminantes.
- Tienen gran capacidad de adsorción o catalización (aumenta la capacidad de reacción química).
- Ofrecen un potencial multifuncional, como es el caso de las membranas para tratamiento de agua (separan contaminantes y agregan reactivos químicos)
- Desarrollos en progreso con nanomagnetita para remoción de arsénico.

Como aspectos negativos se puede notar que los nanomateriales:

- Poseen una tendencia a la saturación de ellos en productos de consumo cotidiano como detergentes, cosméticos, protectores solares, entre otros.
- Pueden producir riesgos, como es el caso de absorción debido a su escaso tamaño y su interacción con órganos sensibles o ecosistemas, tanto en salud ocupacional como pública.

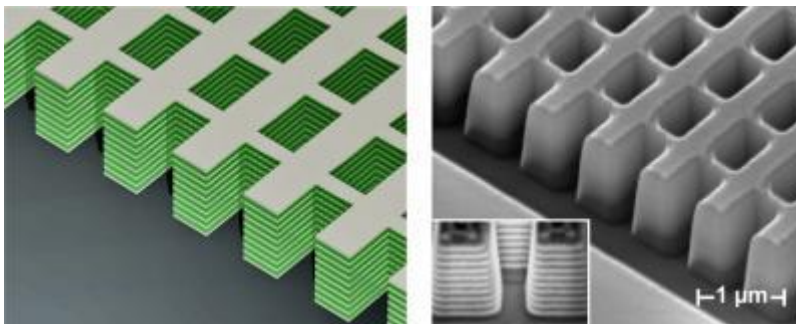
Otro factor a considerar, ha sido la existencia en el pasado de tecnologías promisorias y expectativas de benéficas, que resultaron dañinas a la salud y al ambiente.

NANOMATERIALES CAPACES DE HACER INVISIBLES A OBJETOS

En la Universidad de Berkeley y Lawrence Berkeley en California desarrollaron dos tipos de nanomateriales, los cuales tienen la capacidad de esquivar la luz. Los mismos utilizan dos especies de metales, el primero revierte el efecto de esta, invirtiéndola, y el segundo metal, lleva incorporado nanocables de plata.

Los metamateriales son estructuras desarrolladas artificialmente y que tienen propiedades tales como, un índice de refracción de la luz negativa, propiedad que carecen los materiales naturales. Se desarrolló una estructura de múltiples capas en forma de red que tiene esa propiedad.

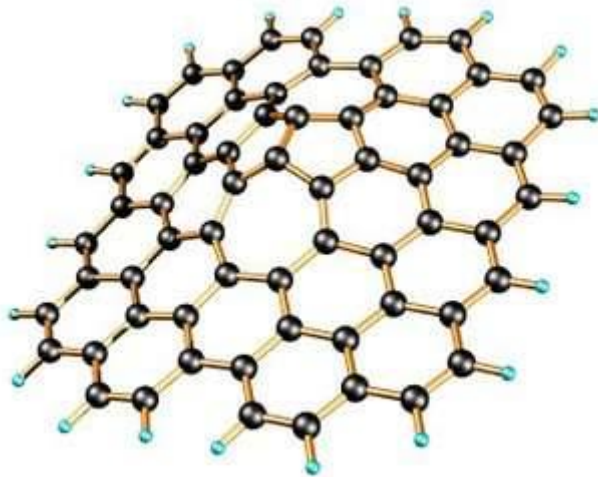
La capacidad que estos metamateriales poseen para evadir las ondas electromagnéticas, altera el comportamiento convencional de la luz, logrando así que la misma los rodee, los cuales al no absorber ni reflejar luz, se vuelven por consiguiente, invisibles.



GRAFENO

El grafeno es carbono en estado puro. Muchos investigadores lo han estudiado de manera teórica durante más de 50 años. Nadie creía que se podían fabricar dispositivos con este material hasta que, en 2004, científicos de la universidad de Manchester (Gran Bretaña) descubrieron cómo obtener grafeno del grafito, el material de la mina del lápiz. “Si pegas y despegas múltiples veces un trozo de cinta adhesiva impregnado con fragmentos de grafito de la mina, acabas obteniendo grafeno: una única capa de átomos de carbono”. El grafeno es un miembro de una familia más amplia de estructuras en las que los átomos de

carbono se unen en láminas planas, formando un panel de abejas hexagonal (con un átomo en cada vértice). Situados muchos panales uno sobre otro, se tiene grafito. Si se enrolla una porción de una de esas láminas en forma de esfera, como un balón de fútbol, se producen fullerenos, unas moléculas de gran interés que a sus descubridores se les concedió el Nobel de Química del año 1996. Si el panel se enrolla formando un cilindro se tiene un nanotubo de carbono. Y, un grafeno sería un único de esos panales extendido, una estructura casi plana, bidimensional, ya que su espesor es el de sólo un átomo.



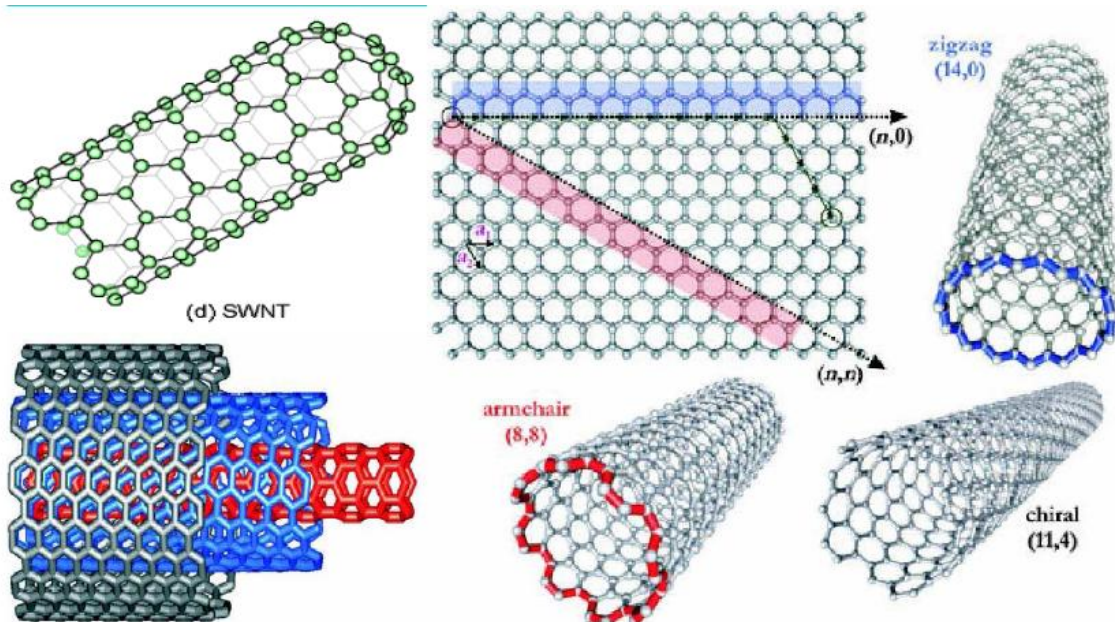
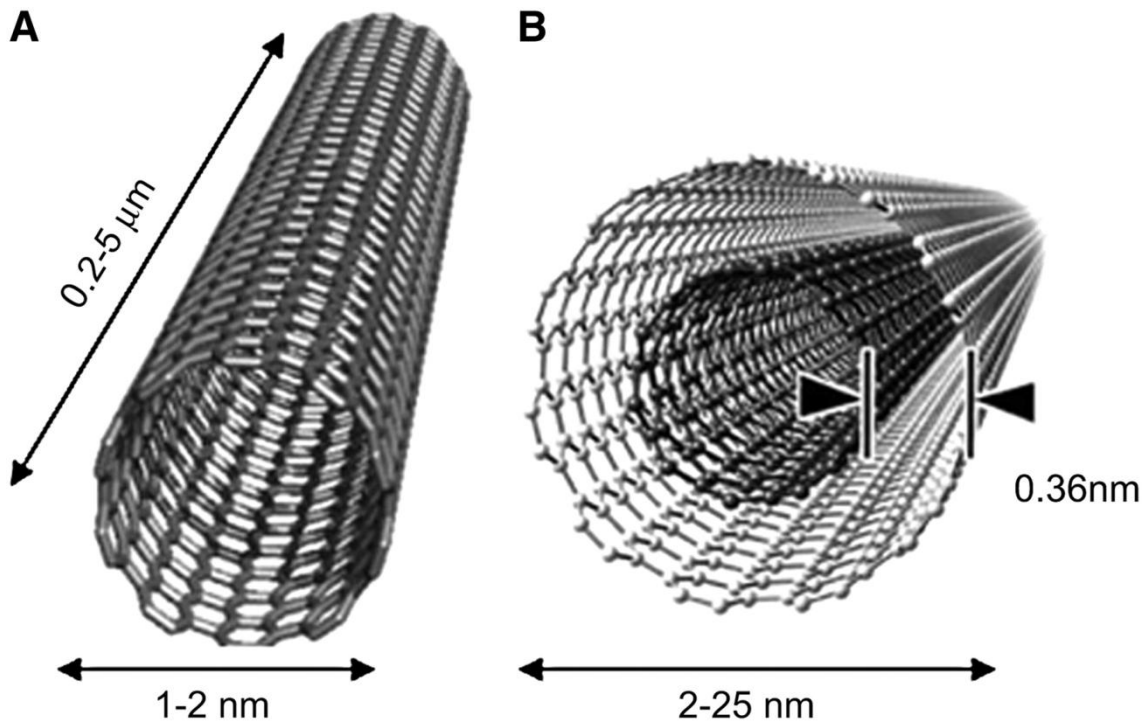
Propiedades del grafeno:

- Alta conductividad térmica y eléctrica
- Semimetal
- Alta elasticidad y dureza
- Resistencia (el material más resistente del mundo)
- Puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar compuestos con diferentes propiedades, lo que dota a este material de gran potencial de desarrollo
- Soporta la radiación ionizante
- Es muy ligero, como la fibra de carbono, pero más flexible
- Menor Efecto Joule, se calienta menos al conducir los electrones
- Consume menos electricidad para una misma tarea que el silicio

NANOTUBOS DE CARBONO

Los nanotubos de carbono (CNT), que fueron descubiertos en 1991 y desarrollados a partir de ese año, son unos materiales formados únicamente por carbono, donde la unidad básica es un plano grafitico enrollado que forma un cilindro, formando unos tubos cuyo diámetro es de el orden de algunos nanómetros. Sin embargo, no existe una definición clara de qué son las nanofibras de carbono (CNF), y la terminología empleada es confusa. La

tendencia es a considerar las nanofibras como materiales intermedios entre las fibras micrométricas (producidas por hilado) y los nanotubos.



Aplicaciones de nanotubos de carbono:

Table 2. Potential applications of chemically modified carbon nanotubes.

(Potential) Application	Function of the covalently bonded moiety
Nanostructured electronic devices, e.g., nanodiodes	Local modification of the electronic band structure
(Bio-) chemical sensors	Selective recognition of analyte molecules
Catalyst supports	Anchoring of molecules or metal nanoparticles
Mechanically reinforced composites	Chemical coupling with a matrix
Chemically sensitive tips for scanning probe microscopy	Selective chemical interaction with surfaces
Field emission	Reduction of the work function for electrons at the tube ends
Nanofiltration	Control of the passage of molecules or ions through steric effects or Coulombic interactions
Artificial muscles	Mechanical stabilization of nanotube films through covalent cross-linking
Controlled drug release	Biocompatibility; recognition of biological fingerprints
Pharmacology	Enzyme inhibition or blocking of ionic channels in the cell membrane
Directed cell growth on surfaces	Specific interactions with cell surfaces

MATERIALES NANOESTRUCTURADOS

Cerámicas nanoestructuradas como bio-implantes; imanes permanentes de alta temperatura para motores de aviones; materiales ferromagnéticos para aplicaciones como imanes blandos, almacenamiento de la información, válvulas de espín magnetoresistivas, refrigeración; Mg y Ti nano cristalino como catalizadores para automoción basada en hidrógeno; zeolitas nanoporosas y materiales metalorgánicos para almacenamiento de hidrógeno.

NANOPARTÍCULAS

Las actuaciones a desarrollar se orientan en seis campos diferentes:

- Energía, células solares basadas en TiO₂, almacenamiento de hidrógeno con hidruros metálicos, mejora de electrodos para pilas
- Biomedicina, liberación de fármacos por inhalación particularmente insulina, crecimientos óseos, tratamientos anticáncer, recubrimientos para implantes, agentes de contraste para diagnóstico por imagen
- Ingeniería, herramientas de corte, liberación controlada de herbicidas y pesticidas, sensores químicos, tamices moleculares, polímeros compuestos reforzados, aditivos para lubricantes, pigmentos, vidrios autolimpiables basados en TiO₂, tintas magnéticas y conductoras
- Artículos de consumo, materiales para el deporte, recubrimiento de vidrios, textiles repelentes de agua y de suciedad
- Medio ambiente, tratamiento de aguas basados en fibras de alúmina y en procesos fotocatalíticos de TiO₂, recubrimientos autolimpiantes, recubrimientos antirreflectantes, cerámicas y azulejos

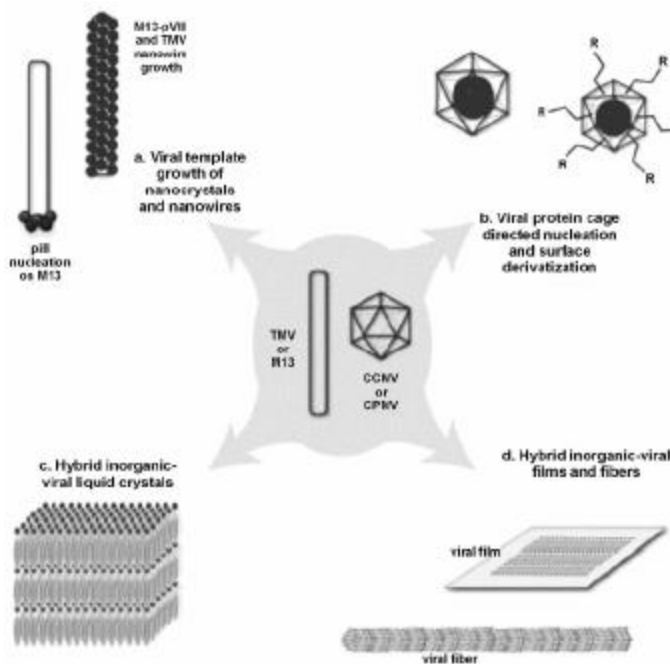
- Electrónica, partículas magnéticas para memorias de alta densidad, partículas magnéticas para apantallamientos EMI, circuitos electrónicos NRAM mediante Cu y Al, ferrofluidos, pantallas con dispositivos de emisión basados en óxidos conductores.

NANOMATERIALES APLICADOS A LA INDUSTRIA AERONÁUTICA

Al igual que la industria aeroespacial, las empresas aeronáuticas también están muy interesadas en los nanotubos de carbono. Se utiliza este refuerzo para añadirse a materiales utilizados en aviación, como son resinas de muy baja viscosidad y fibras de carbono de altas prestaciones.

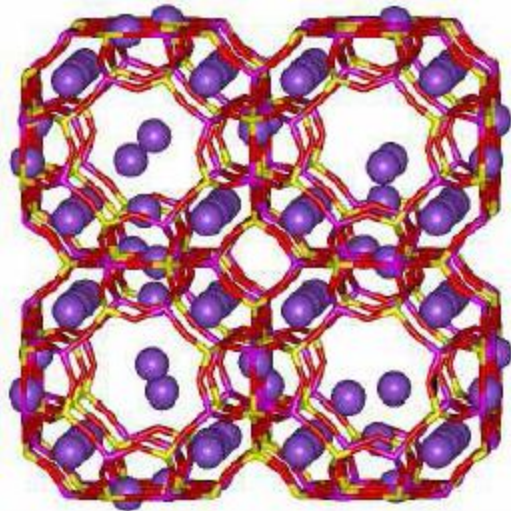
NANOCÁPSULAS

Se emplean para la liberación de fármacos, industria de la alimentación, cosméticos, tratamiento de aguas residuales, componentes de adhesivos, aditivos aromáticos en tejidos, fluidos magnéticos.



MATERIALES NANOPOROSOS

Se utilizan en membranas con control de poro a nivel atómico, catalizadores como reductores de emisión de contaminantes, catalizadores como elementos de auto-diagnóstico y auto-reparación en materiales, aislantes, aplicaciones medioambientales para reducción de emisiones, purificación de aguas, eliminación de contaminantes, atrapado y eliminación de metales pesados, producción de nanopartículas estructuradas, células solares orgánicas, supercondensadores para almacenamiento de energía, almacenamiento de gases (hidrógeno, metano, acetileno), ingeniería de tejidos para aplicaciones médicas, liberación controlada de fármacos, bioimplantes.



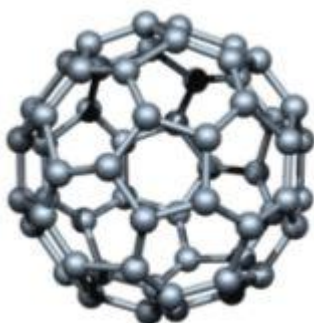
NANOFIBRAS

Utilizadas en filtros, tejidos, cosméticos, esterilización, separaciones biológicas, ingeniería de tejidos, biosensores, órganos artificiales, implantes, liberación controlada de fármacos.

FULLERENOS

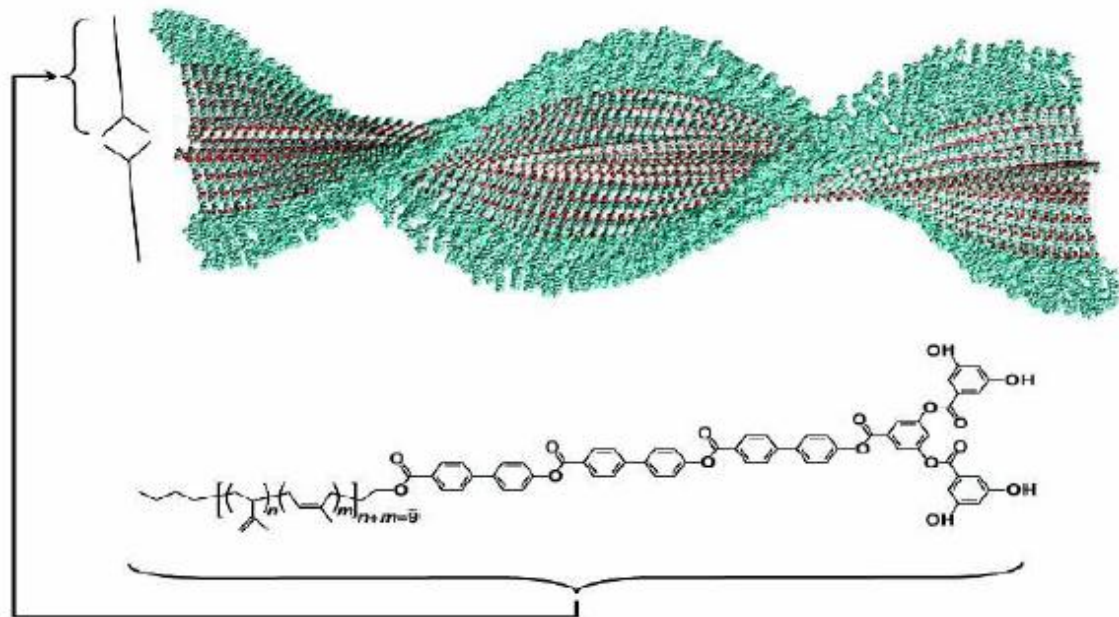
Se aplican como lubricantes, reforzado de polímeros y fibras textiles, catalizadores, electrodos para células solares, dispositivos fotónicos, baterías de Li de larga duración.

Llamó la atención las propiedades químicas y físicas de fullereno, fijando antibióticos específicos en su estructura para atacar bacterias resistentes y ciertas células cancerígenas, tales como el melanoma. Los fullerenos no son muy reactivos debido a la estabilidad de los enlaces tipo grafito, y es también muy poco soluble en la mayoría de disolventes. El fullereno es la única forma alotrópica del carbono que puede ser disuelta, Se pueden atrapar otros átomos dentro de los fullerenos.



NANOHILOS

Se utilizan para manipulación de elementos biológicos en campos magnéticos, FETs, sensores, detectores, LEDs, almacenamiento de datos de alta densidad, nanodispositivos opto-electrónicos.



Un reciente artículo en Nano Letters informa sobre un nuevo tipo de memoria que utiliza un nanotubo y una nano partícula de hierro movible en su interior. El principio de funcionamiento es que la nanopartícula de hierro se puede mover hacia uno u otro extremo al aplicar un campo eléctrico entre los extremos del nanotubo. La posición de la partícula puede leerse a través de mediciones de conductividad.

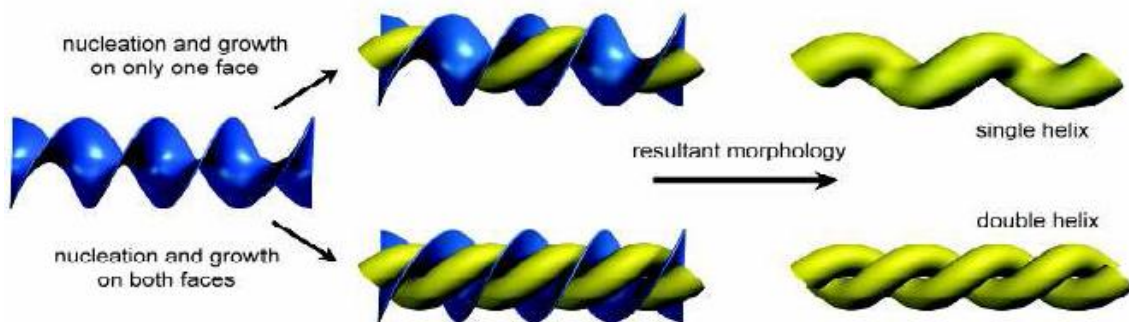
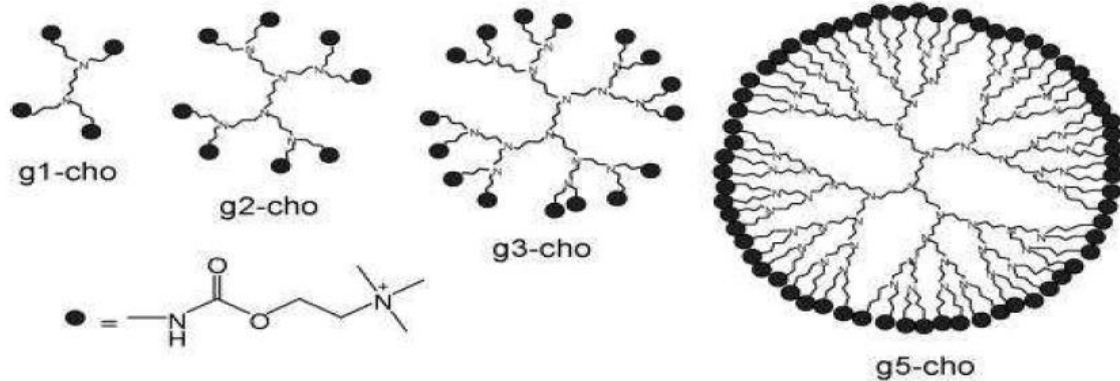


Figure 4. Schematic representation of templating pathways. Nucleation and growth on one side of the twisted ribbons (blue) leads to single helices of CdS (yellow), while nucleation and growth on both sides of the ribbon leads to double helices.

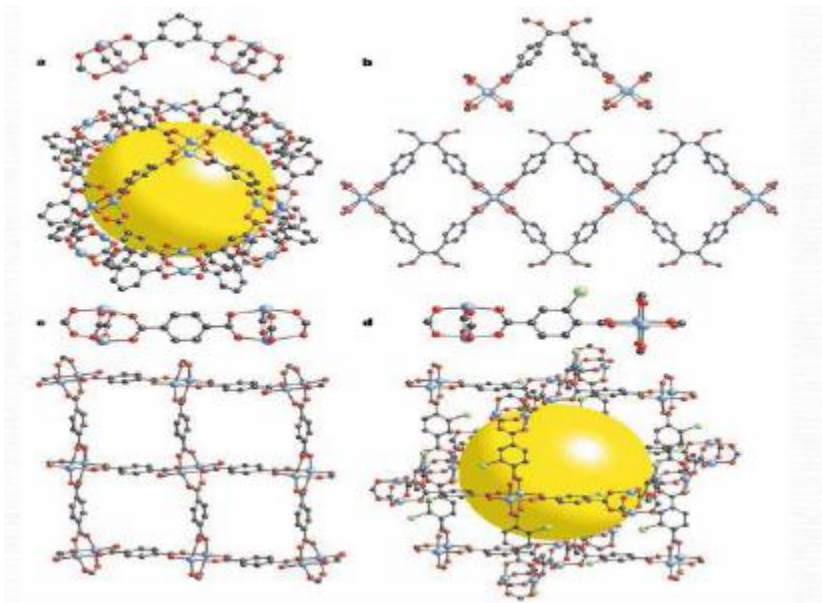
DENDRÍMEROS

Los polímeros dendríticos componen una nueva generación de “nano-sistemas” que han despertado un gran interés en los últimos años entre otras cosas, por su alto potencial como agentes formadores de vehículos de fármacos. Desde un punto de vista químico, los dendrímeros son macromoléculas poliméricas

sintéticas que pueden ser de distinta naturaleza (peptídicos, lipídicos, polisacáridicos, etc.).



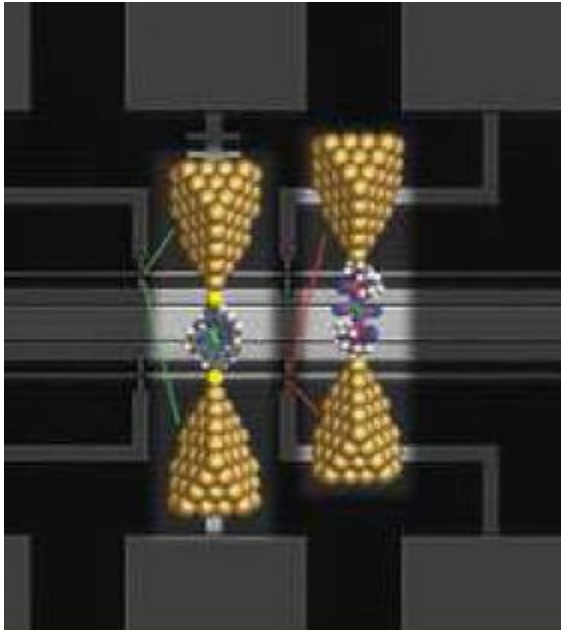
Son aplicados en células artificiales, liberación controlada y dirigida de fármacos, agentes de contraste, toners para impresoras por laser, sensores para diagnóstico, detectores, electrónica molecular, agentes descontaminadores y de filtración particularmente de iones metálicos, adhesivos, lubricantes y baterías en la nanoescala.



ELECTRÓNICA MOLECULAR

Aunque la mayoría de las innovaciones aparecidas en los últimos 15 años en los laboratorios no han superado las exigencias de los entornos industriales, la tendencia incremental de costos que suponen las mejoras de las tecnologías existentes, hacen cada vez más atractivas y económicamente factibles la búsqueda de nuevas aproximaciones moleculares a la electrónica. Entre ellas, transistores, conmutadores y rectificadores moleculares, con un objetivo de 10^{12} bits/cm², tiempos de conmutación en los picosegundos y 10 meV de consumo de energía por ciclo; desarrollo de hilos moleculares; conmutación

electromecánica basada en la deformación controlada de una molécula o su reorientación como alternativa a mover los electrones moleculares.



nanotransistor

LÁMINAS DELGADAS

Aparte de numerosos desarrollos basados en silicio amorfo que ya están en el mercado aunque todavía requieren investigación, como miniaturización de células solares fotovoltaicas, hay interés en desarrollos basados en Si policristalino para papel electrónico, pieles artificiales, telas y ropas inteligentes, MEMS tanto para sensores como para actuadores y estructuras pasivas, actuadores térmicos, TFTs, electrónica flexible para células solares y circuitos integrados; láminas sensibles al espectro de luz para cubrimiento de cristales y ventanas (p. ej., termocrómicos, fotocromicos, electrocromicos), aplicaciones termo-eléctricas tendentes a reducir la conductividad térmica.

Las láminas delgadas presentan alta conductividad eléctrica para generadores de potencia, sensores o electroválvulas; recubrimientos funcionales en automoción y aeronáutica.