

Nanopartículas y nanomateriales: ¿Cómo actuar ante el riesgo desconocido?

Eduardo Méndez
Laboratorio de Biomateriales
Facultad de Ciencias

El mundo "nano"

Nanomedicina

Nanotubos

Nanotecnología

Nanoseguridad

Nanomáquinas

Nanobiología

Nanovehículos

Nanopartículas

Nanociencia

Nanometrología

Nanotoxicología

Nanoquímica

Nanofísica

El mundo "nano"

Nanomedicina

Nanotubos

Nanotecnología

Nanoseguridad

Nanomáquinas

Nanobiología

Nanovehículos

Nanopartículas

Nanociencia

Nanometrología

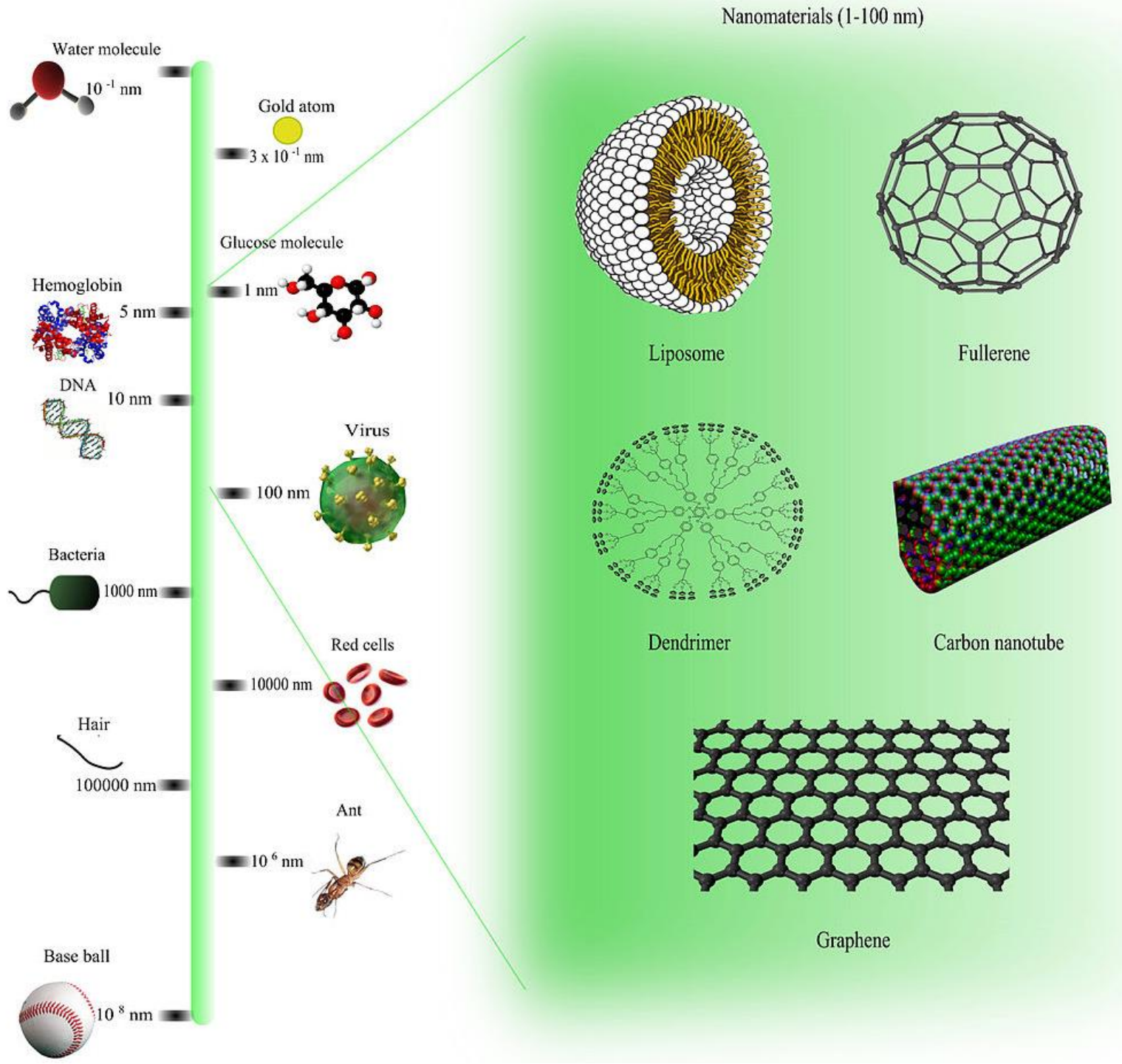
Nanotoxicología

Nanoquímica

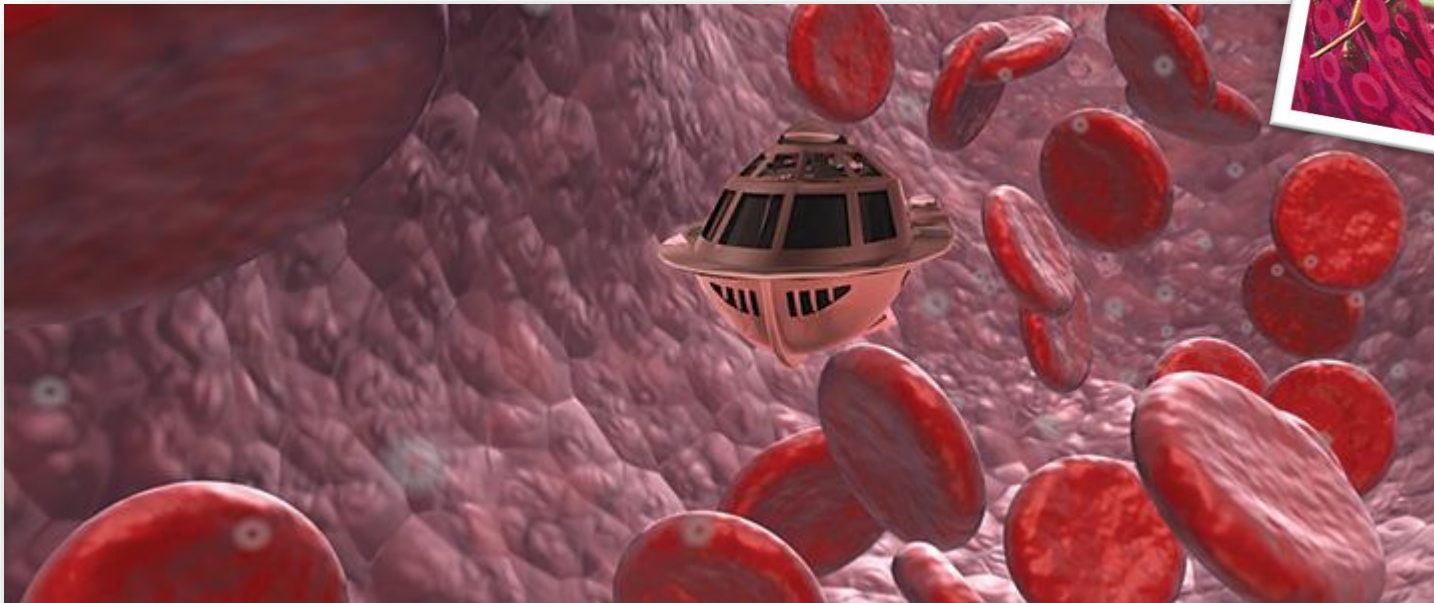
Nanofísica

Nano

0.000000001 m
0.000001 mm
0.001 μm
1 nm

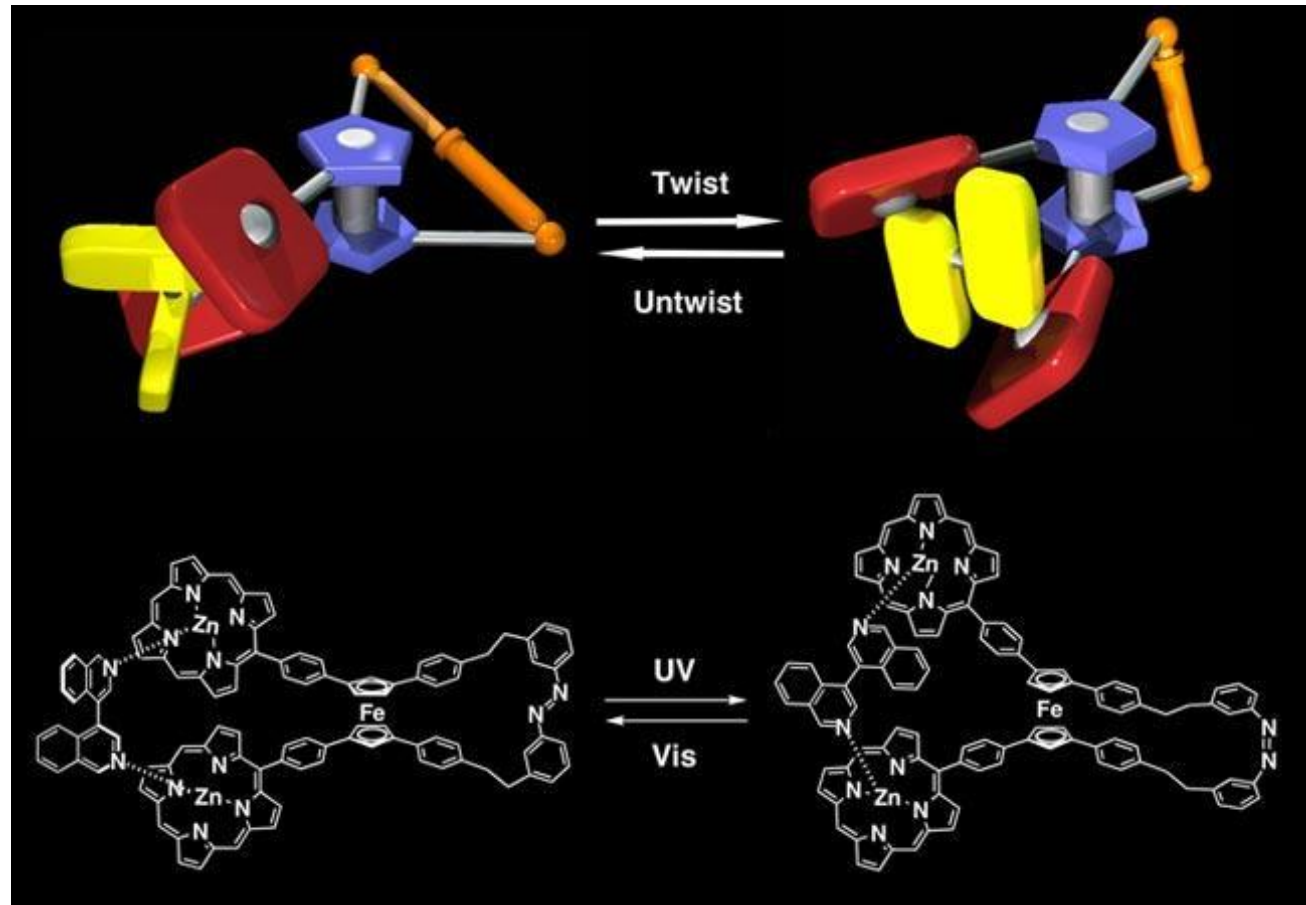
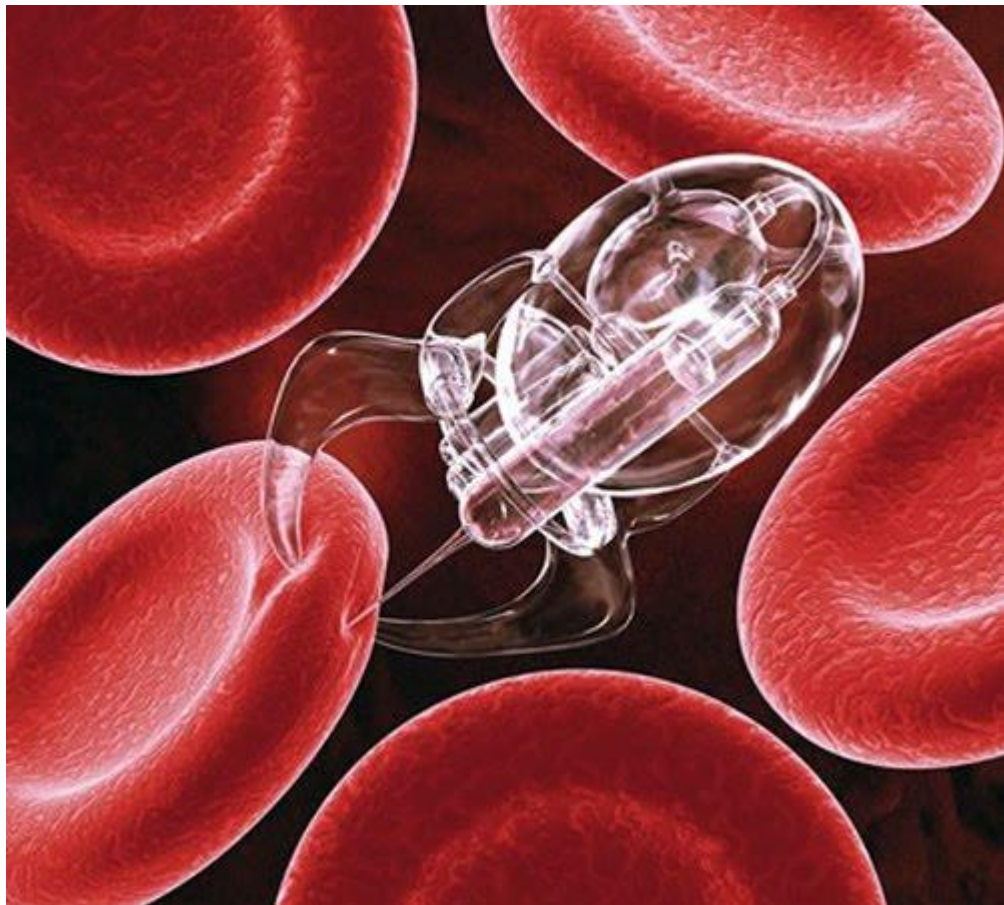


Nano y cine

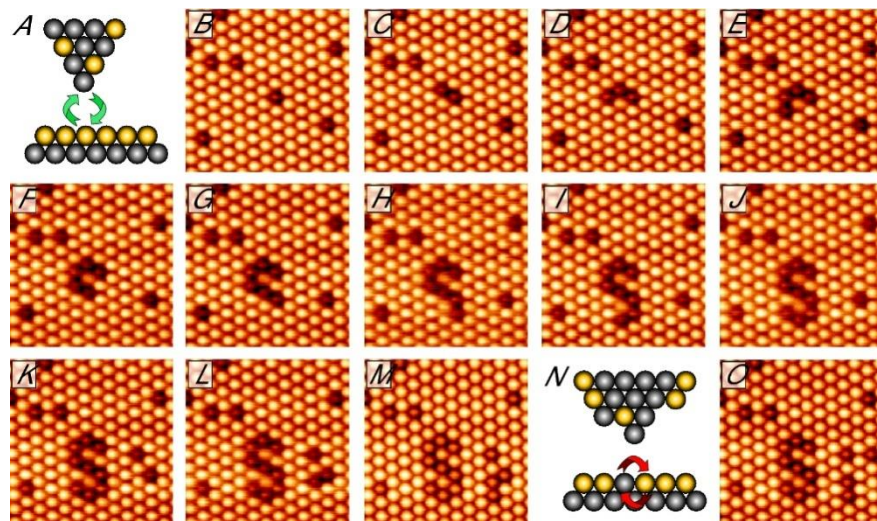
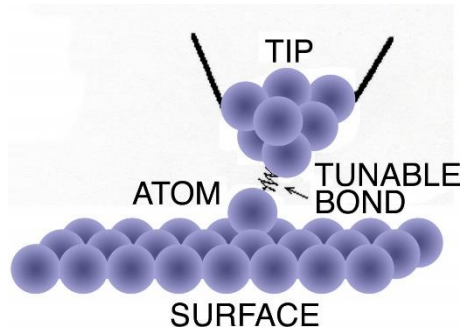


Viaje fantástico (R. Fleischer, 1966)

Nano y fantasía...por ahora



Nano y realidad



NANOCIENCIA – *El estudio, descubrimiento y entendimiento de los fenómenos y la manipulación de los materiales y/o procesos dentro de la nanoescala, típicamente, pero no exclusivamente, por debajo de los 100 nanómetros en una o más de las dimensiones en donde los fenómenos dependientes del tamaño usualmente permiten nuevas aplicaciones.*

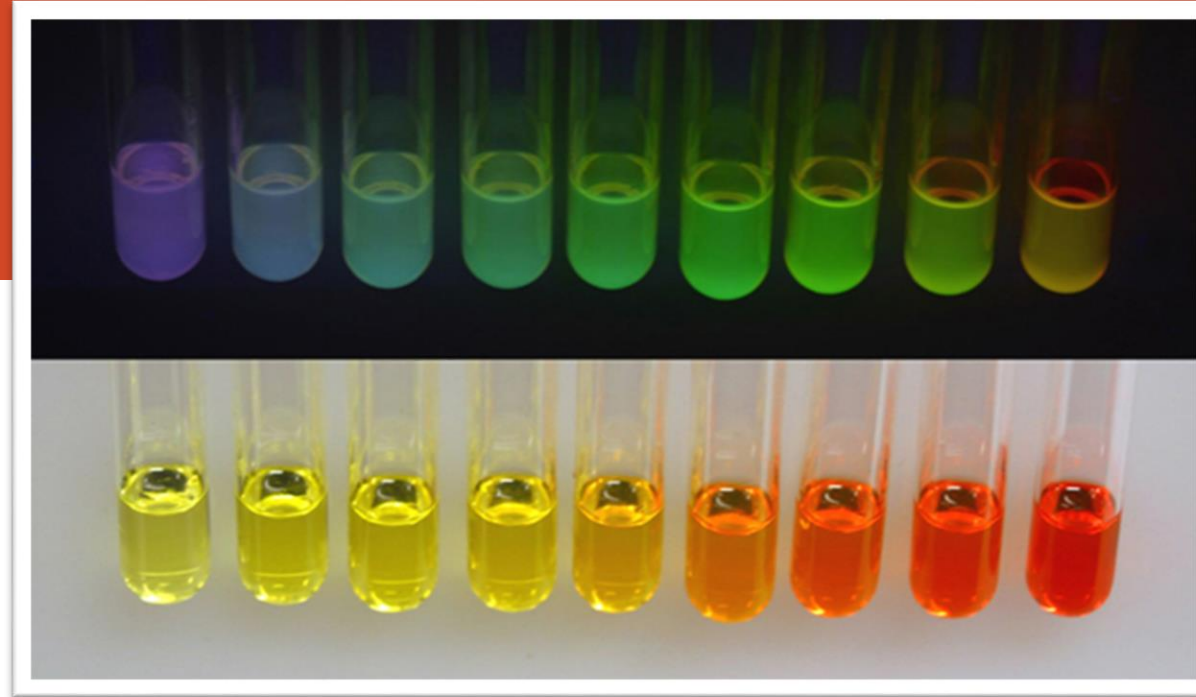
NANOTECNOLOGÍA – *Aplicación del conocimiento científico para medir, manipular, controlar e incorporar materiales y/o procesos dentro de la nanoescala, típicamente, pero no exclusivamente, por debajo de los 100 nanómetros en una o más de las dimensiones en donde los fenómenos dependientes del tamaño usualmente permiten nuevas aplicaciones. El uso de las propiedades de los materiales en la nanoescala que difieren de las de los átomos, moléculas individuales o de los materiales en bruto ("bulk") para crear materiales, dispositivos y sistemas que explotan esas propiedades.*

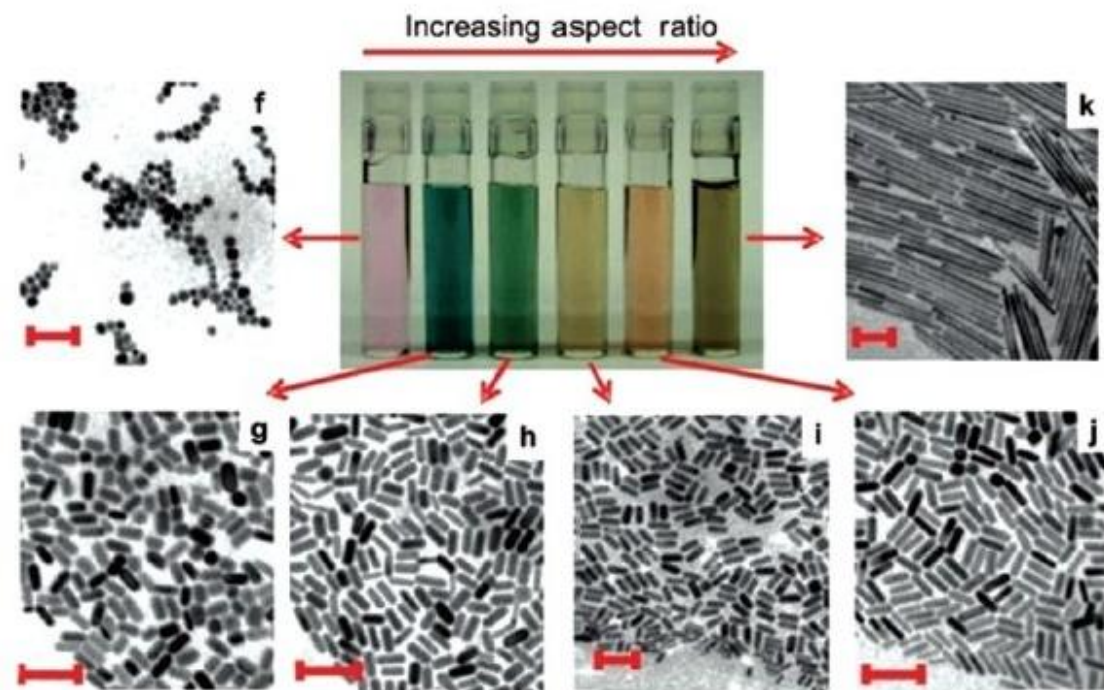
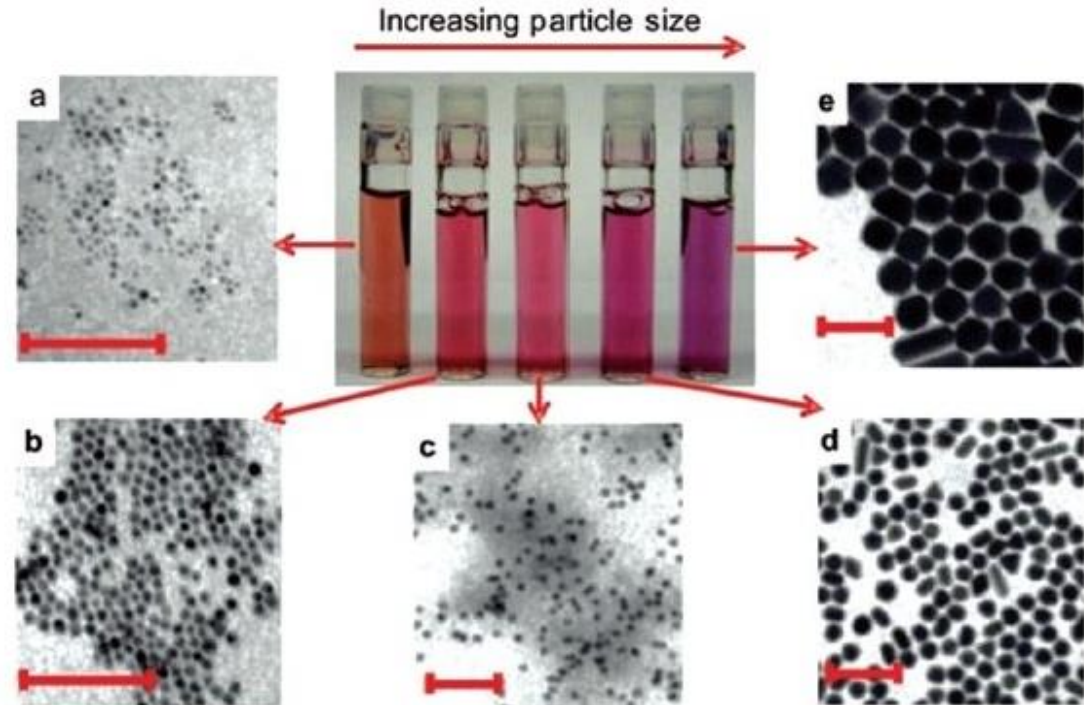
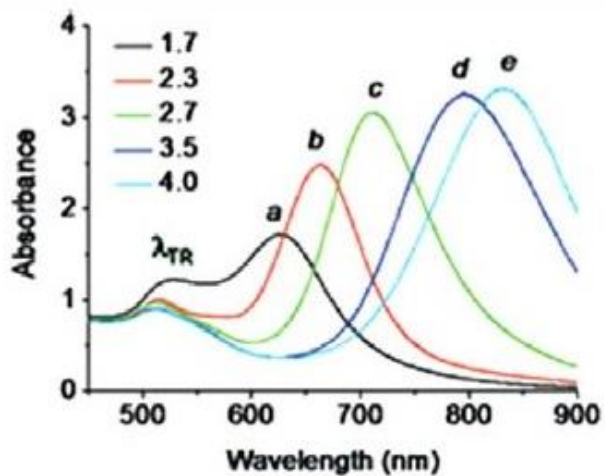
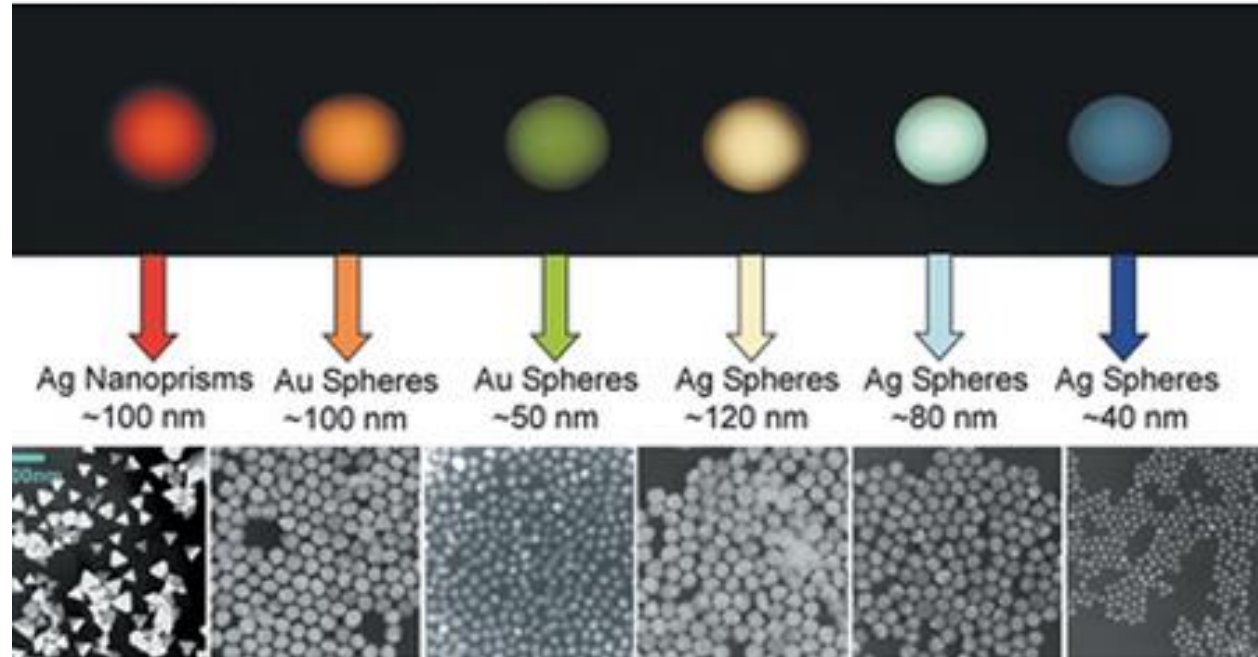
Uruguay define "nano" para
fijar políticas futuras en
investigación y control

Definición adoptada por el Consejo Sectorial de Nanotecnología del Ministerio de Industria, Energía y Minería (2013)

Propiedades de las nanopartículas

- Sus propiedades dependen del tamaño, y en particular de la relación entre átomos superficiales y átomos internos
- Ejemplos:
 - Las partículas de ZnO presenta una mayor capacidad de bloqueo UV que el ZnO bruto
 - El color varía con el tamaño y con el mismo metal bruto
 - El punto de fusión disminuye con el tamaño
 - Absorción de radiación solar es mayor en nanopartículas que en películas delgadas

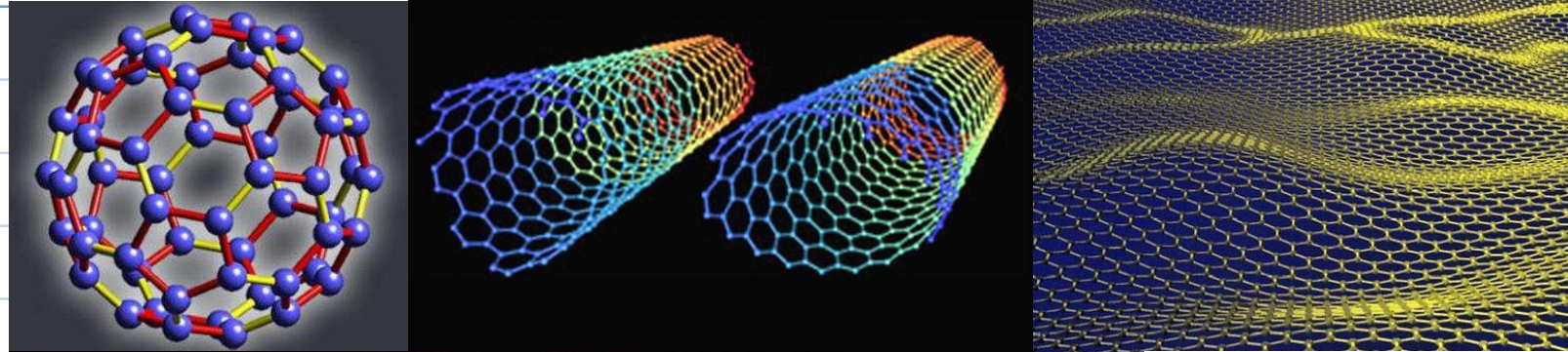




Clasificación de nanopartículas

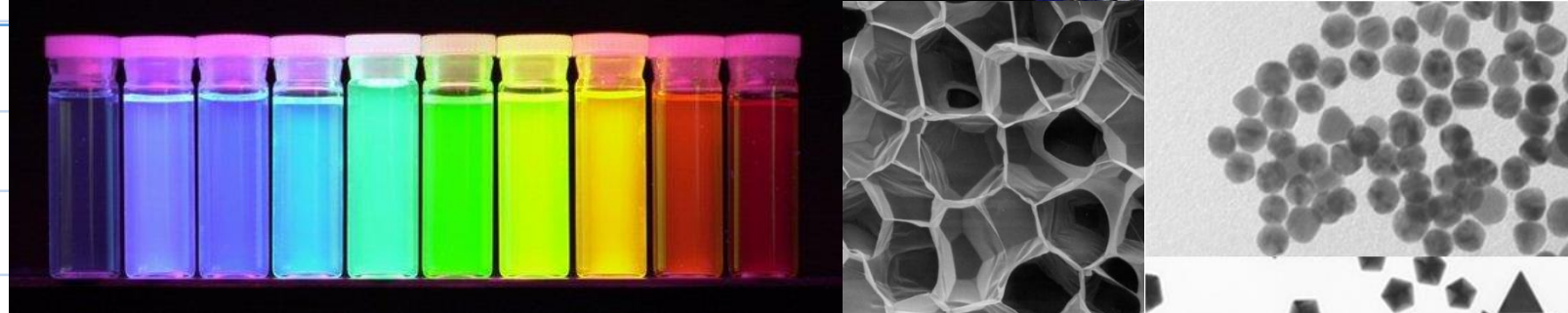
Basadas en carbono

- Fulerenos
- Nanohojas de grafeno
- Nanotubos de carbono
- Nanofibras de carbono
- Nanoespuma de carbono



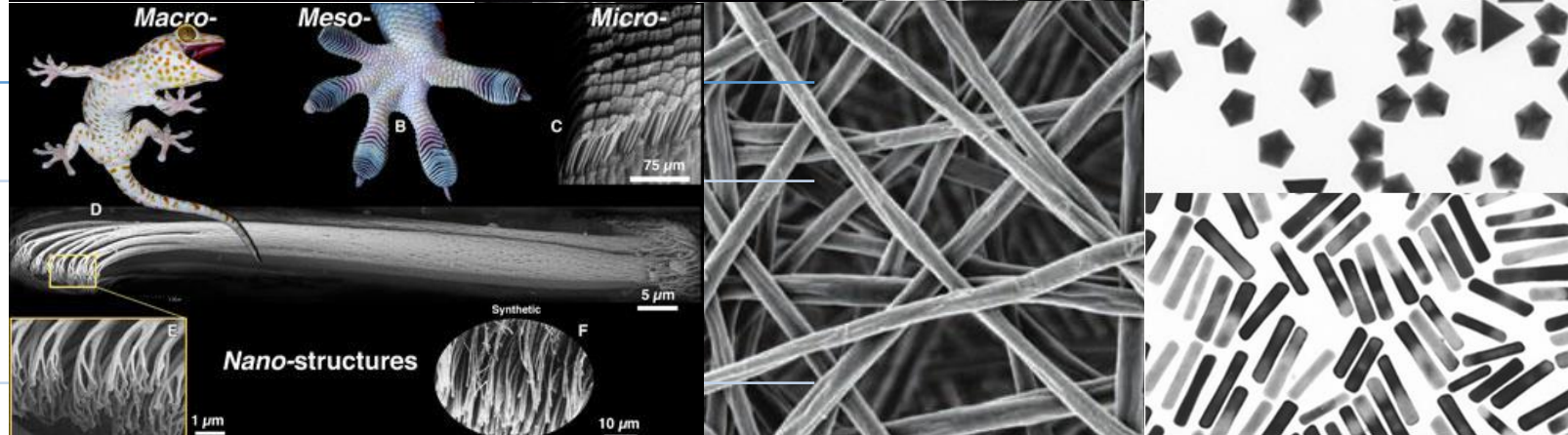
Inorgánicas

- Metales
- Óxidos metálicos
- Puntos cuánticos

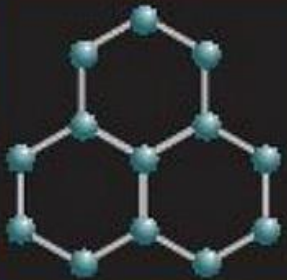


Orgánicas

- Polímeros orgánicos
- de inspiración biológica



El grafeno: la estrella de la nanotecnología



El grafeno es una capa de carbono en una red cristalina de formas hexagonales



Es una finísima capa bidimensional. Su espesor es de un átomo (0,1nm)

CARACTERÍSTICAS:

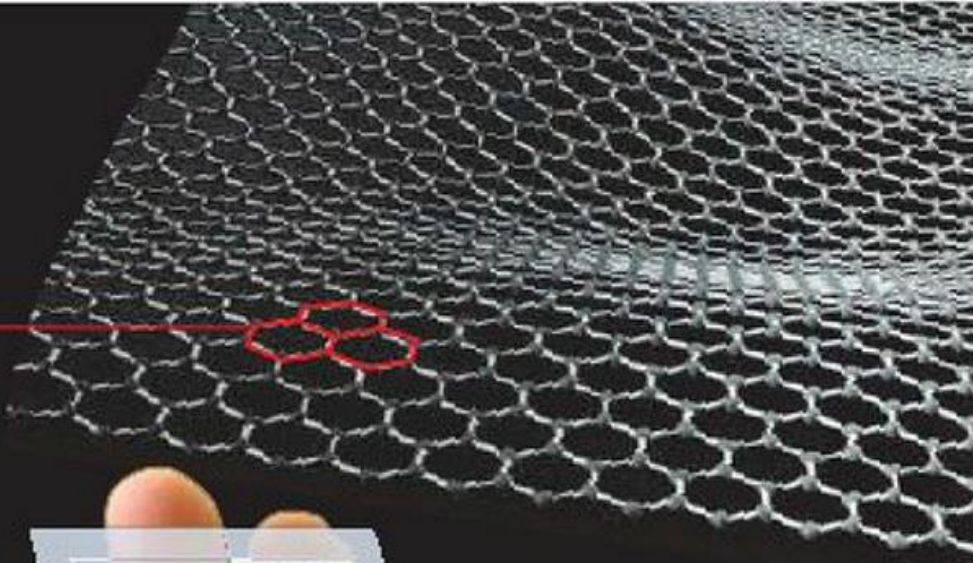
- Estupendo conductor de electricidad y calor
- Resistencia y dureza (superior al acero)
- Flexibilidad mecánica
Silicio: 1%
Grafeno: 10%.

Transparencia:
97,3%



ALGUNAS APLICACIONES:

- Pantallas táctiles flexibles
- Reemplazo del silicio. Los procesadores serían **10 veces** más veloces, más ligeros y eficientes.
- Aviones y naves espaciales más ligeros y resistentes



Las nanopartículas imponen nuevas propiedades a los productos manufacturados

Industria
automotriz
y
aeronáutica

Mejora en el desempeño de los motores

Mejora en la resistencia térmica y mecánica de los materiales

Producción de materiales autolimpiantes

Disminuye el peso de algunos componentes en aviones



Las nanopartículas imponen nuevas propiedades a los productos manufacturados

Electrónica y comunicaciones

Miniaturización de procesadores

Pantallas planas y de alta definición

Componentes electrónicos flexibles

Papel electrónico



Las nanopartículas imponen nuevas propiedades a los productos manufacturados

Industria
química y de
los
materiales

Desarrollo de nuevas cerámicas, pigmentos, polvos

Nuevos catalizadores e inhibidores de la oxidación

Pinturas fotoactivas y autolimpiantes

Materiales más duros y resistentes

Las nanopartículas imponen nuevas propiedades a los productos manufacturados

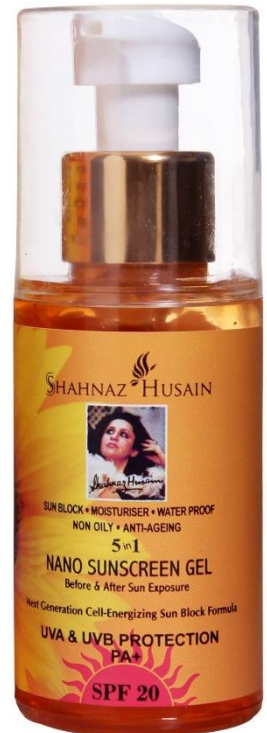
Salud, productos farmacéuticos, cosmética, biotecnología

Nuevos agentes de diagnósticos

Posibilidad de medicina personalizada

Cremas bloqueadoras de rayos UV más eficientes

Nuevos productos antibacterianos



Salud y seguridad

Evaluación del riesgo

Probabilidad de exposición



Concentración y duración
de la exposición



¿Exhiben estos materiales
comportamientos específicos
asociados a sus nanoestructuras?

El efecto "nano" en la salud

Contaminante común

Identificación de la naturaleza

concentración

Contaminante "nano"

Identificación de la naturaleza

Caracterización

- Tamaño medio y distribución de tamaño
- Forma
- Estado de aglomeración
- Superficie específica
- Química superficial
- Densidad de carga

Preocupación: desbalance en la información

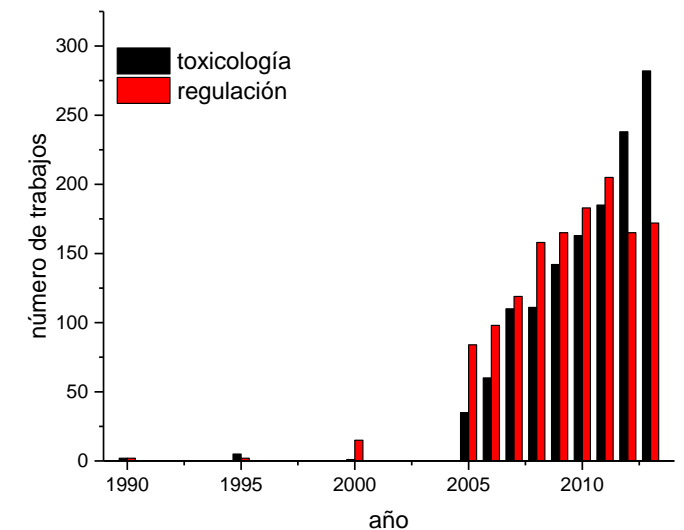
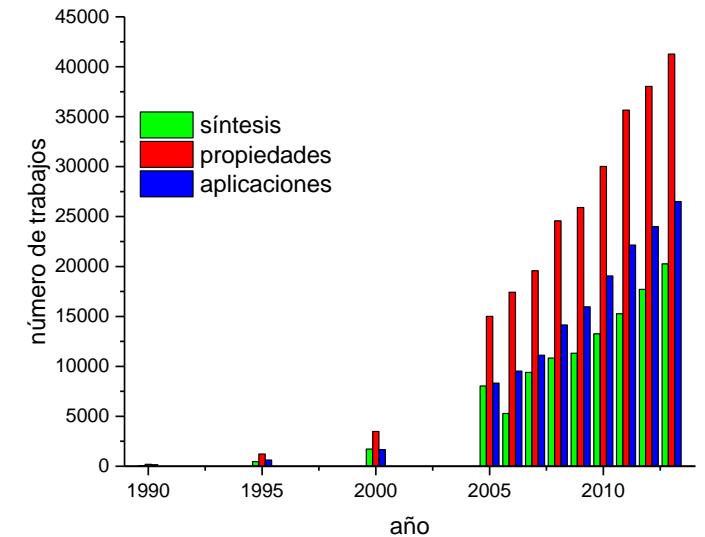
Aun está faltando

- Estudios específicos para cada uno de los tipos de nanomateriales desarrollados
- Conocimiento de la biodisponibilidad de los nanomateriales
- Metodologías analíticas adecuadas

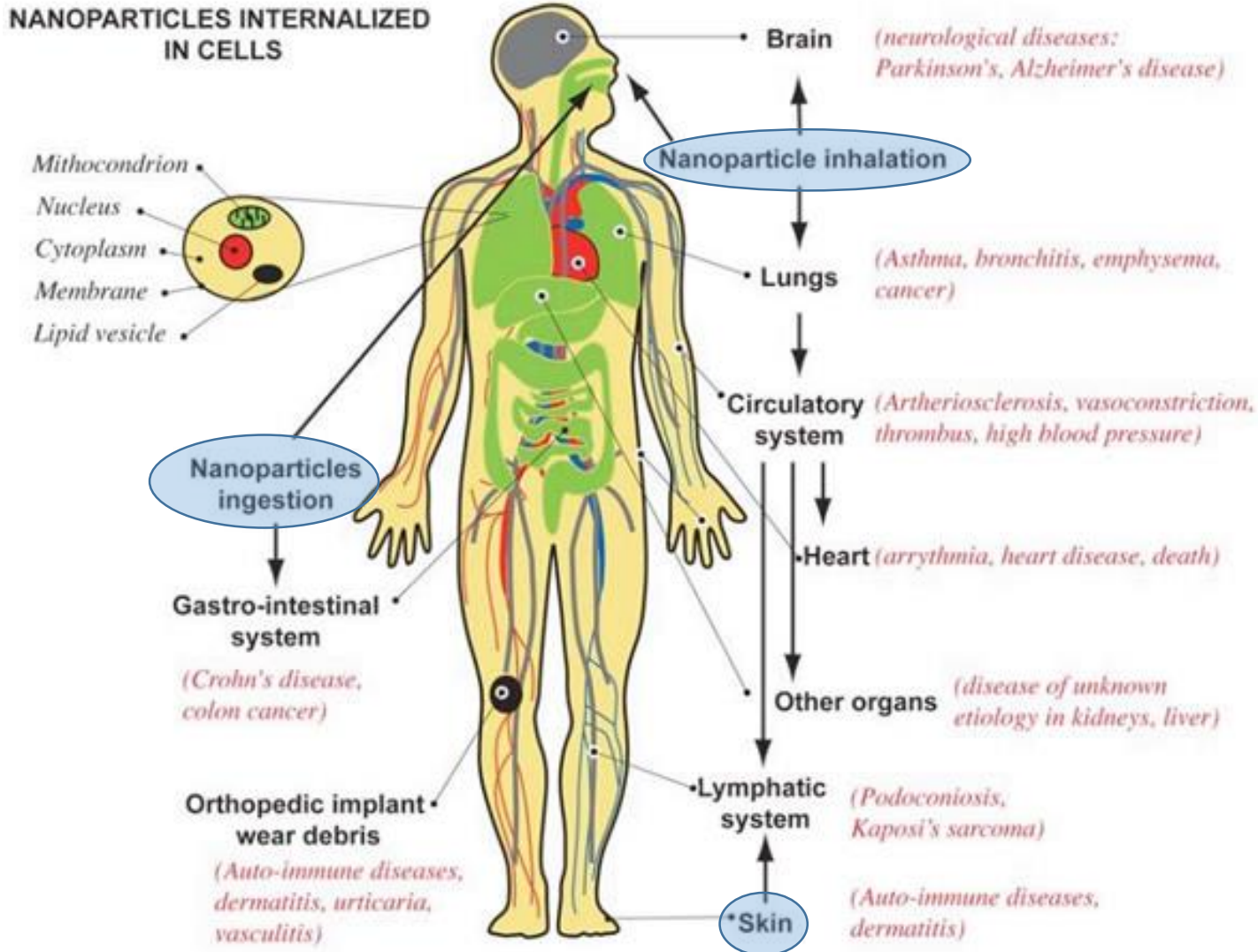
Conocimiento básico de propiedades

Aplicaciones y productos comerciales

¿Toxicidad?



¿Qué hacer frente a la falta de información?



Tomar acciones precautorias

- Seguir normas de buena práctica para el trabajo con nanomateriales
- Niveles de protección jerarquizados
 - Vía aérea
 - Vía cutánea
 - Vía oral

Fuentes potenciales de exposición a nanopartículas

Tipo de proceso	Fuente
Procesos a altas temperaturas	Refinado de metales Fundición de aluminio Fundición de hierro Galvanizado Soldadura Ranurado por fusión o combustión Corte de metal por lanza térmica Corte de metal por láser Recubrimiento en caliente por spray Encerado en caliente
Combustión	Motores diésel Motores de gasolina Motores de gas Incineración (centrales eléctricas, calefacción, cremación, ...) Calefacción de gas

Fuentes potenciales de exposición a nanopartículas

Tipo de proceso	Fuente
Calidad de ambiente en interiores	Formación de aerosoles por reacción entre emisiones de gas/vapor de la maquinaria de oficina, limpieza.
Procesos mecánicos	Molienda y mecanizado de metales a alta velocidad
Generación de polvo mediante procesos de llama	Producción de negro de humo Producción de TiO ₂ ultrafino Producción de sílice amorfa Producción de alúmina amorfa
Manipulación	Manipulación de polvo de nanopartículas sin procesar Manipulación de depósitos de coloides secos

Fuentes potenciales de exposición a nanopartículas

Tipo de proceso	Fuente
Nanotecnología	Producción de nanotubos de carbono Generación en fase gaseosa de nanopartículas Uso y manipulación de aerosoles de nanopartículas Sprays de suspensiones de nanopartículas, soluciones y lodos

Acción de los prevencionistas

- Establecimiento de la eventual exposición del personal, atendiendo a:
 - Conocimiento del material empleado
 - Identificación de las principales fuentes de emisión
- Correcta identificación de productos nanoparticulados y zonas de emisión
- Evaluación de las medidas tomadas a partir de:
 - Instalación de un plan de control de emisiones
 - Instalación de un plan de control de la zona de trabajo
 - Obligatoriedad del uso de protección y ropa adecuadas

Una vez establecida la fuente de emisión:

- Seguir cuidadosamente la línea de producción para determinar fuentes de emisión secundarias
- Determinar frecuencia y duración de la operación y el personal involucrado
- Documentar tipo de equipo empleado para manipular las nanopartículas e identificar posibles fuentes de pérdidas
- Documentar los planes de control de emisiones (habitación aislada, circuitos cerrados, ventilación sobre la fuente y ventilación general, etc.) y su mantenimiento
- Establecer las zonas de exposición forzada o deliberada (aperturas de acceso, reparación y limpieza)

Acciones específicas

Control de la contaminación por vía aérea

- Dependiente de la distancia entre el trabajador y la fuente
- Uso de filtros con puntos de corte del orden de los 100 nm
- Control de la zona de inhalación y en puntos específicos en toda el área
- Caracterización del material recogido
 - Tamaño
 - Dispersión de tamaño
 - Composición química

MEDIDAS PREVENTIVAS

- ✓ **Sustitución:** no será factible en la mayoría de los casos, pero sí puede considerarse reducir la posibilidad de exposición, por ejemplo ligando los nanomateriales a un soporte sólido o líquido.
- ✓ **Aislamiento/confinamiento:** todas las operaciones deberían realizarse en instalaciones confinadas o en las que los trabajadores estén aislados del material. Ejemplo: mediante el uso de cabinas
- ✓ **Ventilación por extracción localizada:** dadas las características de las nanopartículas, los sistemas existentes de captación de partículas deberán ser capaces de captarlas con más facilidad que partículas de mayor tamaño ya que al disminuir la inercia es más fácil que sean captadas por la corriente de aire de la extracción.
- ✓ **Equipos de protección:** una *máscara autofiltrante* FFP3, garantizando el ajuste de la máscara. Uso de *guantes* de nitrilo, preferiblemente dos pares. Se recomienda que la *ropa de trabajo* no sea de algodón, lo más adecuado sería ropa de trabajo que incluyera capucha, batas de laboratorio, monos cubrezapatos, etc. de Tyvek ®



VIGILANCIA DE LA SALUD

Las nanopartículas tienen propiedades y efectos muy diferentes a los de los mismos materiales en tamaños convencionales, lo que puede plantear riesgos desconocidos para la salud del hombre y otras especies. De hecho, es posible que los mecanismos de defensa del hombre no consigan reaccionar adecuadamente ante la presencia de dichas partículas.



Actualmente, no se dispone de datos toxicológicos suficientes sobre los efectos producidos en trabajadores expuestos.

La Unidad de Vigilancia de la Salud del CSIC esta elaborando un protocolo medico de Vigilancia de la Salud especifica para trabajadores potencialmente expuestos a nanopartículas.

Unidad de Vigilancia de la Salud:
915681931/32/33 v.salud@orgc.csic.es

PARA MÁS INFORMACIÓN...

- ✓ www.nanosafe.es
- ✓ www.nanospain.org
- ✓ NTP 797

Elaborado por:

Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
C/ Serrano 113 posterior, 28006 Madrid
Teléfonos: 915 680 004 / 005
spsl.madrid@csic.es



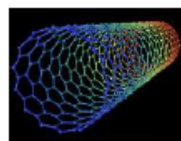
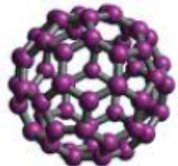
Exposición Laboral a Nanopartículas



Servicio de Prevención y
Salud Laboral de Madrid

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Se trata de partículas muy pequeñas, de menos de 100 nanómetros (el equivalente a una millonésima parte de un milímetro), mucho más pequeñas que un virus. Pueden ser de diferentes tamaños y formas (nanotubo, nanofibra, nanoplato, etc.)



Existe una amplia variedad de aplicaciones de carácter científico en los campos de la biomedicina, óptica y electrónica, entre otros.

Las nanopartículas pueden clasificarse según la forma de generación:

- ✓ Producidas de forma *no deliberada* denominados polvos ultrafinos en ciertos procesos industriales, tales como la pirolisis a la llama del negro de carbono, producción de materiales a gran escala por procedimientos a altas temperaturas, procesos de combustión, obtención de pigmentos, o en procesos domésticos.
- ✓ Generadas *deliberadamente* mediante las llamadas nanotecnologías.



No deliberada



Deliberada

RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

El número de átomos superficiales en los nanomateriales, mucho mayor que en materiales convencionales, incrementa el riesgo de incendio y/o explosión durante la utilización de las nanopartículas.

Entre las medidas de prevención frente al riesgo de incendio y explosión, se recomienda:

- ✓ Disponer de instalaciones eléctricas antiexplosivas y equipos eléctricos protegidos frente al polvo e incluso, en ciertos casos, que sean estancos para vapores. (marcado Ex)
- ✓ Seleccionar cuidadosamente los equipos contraincendios
- ✓ Si es posible, obtener, manipular y almacenar los nanomateriales en un medio líquido
- ✓ Manipular y almacenar los nanomateriales en atmósferas controladas
- ✓ Envolver los nanomateriales en una capa protectora constituida por sales o diferentes polímeros que puedan eliminarse rápidamente antes de la utilización del producto.



Señal Ex



Campana

RIESGO DE TOXICIDAD

Los nanomateriales pueden ser igual o más perjudiciales que las partículas o fibras de escala no nanométrica del mismo material. Las propiedades de los nanomateriales, tales como área de la superficie, composición química, tamaño, forma o carga, tienen una influencia importante en sus propiedades toxicológicas.

Vías de entrada en el organismo:

- ✓ Vía **inhalatoria**: dependiendo de su tamaño, forma y composición química, son capaces de penetrar y depositarse en los diferentes compartimentos del aparato respiratorio, en la región extra-torácica incluyendo traqueo-bronquial, de la tráquea a los bronquios; y la región alveolar que comprende los bronquiolos y los alvéolos.
- ✓ Vía **dérmica**: no se han descrito efectos específicos para la salud relacionados con la exposición dérmica a partículas ultrafinas, aunque hay estudios que sugieren que este tipo de partículas pueden penetrar a través de los folículos pilosos, donde los constituyentes de las partículas pueden disolverse en condiciones acuosas y penetrar a través de la piel.
- ✓ Vía **digestiva**: tampoco se han descrito efectos específicos para la salud relacionados con la ingestión de nanopartículas que puede tener lugar debido a malas prácticas higiénicas durante el manejo de nanomateriales o también a través de la deglución de las retenidas en las vías altas de sistema respiratorio.

Conclusiones

- Las nuevas tecnologías nos enfrentan a **riesgos desconocidos**
- Frente al **desconocimiento**, es necesario llevar a cabo **medidas de precaución**
 - Limitación en la ingesta, aspiración y contacto con las fuentes de contaminación
 - **Educación** de los manipuladores y de los controladores de los productos con nuevas tecnologías
 - Mantener el alerta frente a **nuevos síntomas**