



Introducción a las nanopartículas

Breves apuntes sobre seguridad

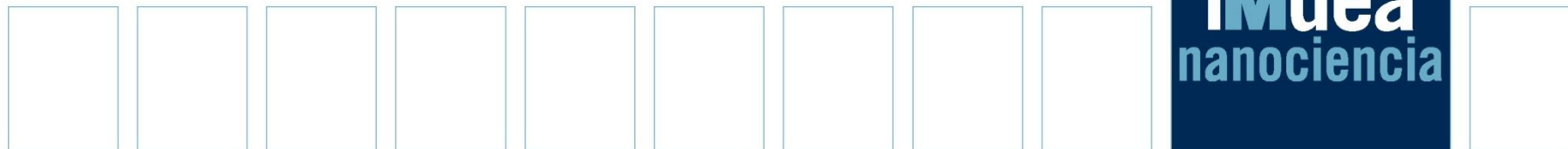
Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo

17/03/2016

Comunidad de Madrid



Gorka Salas Hernández (gorka.salas@imdea.org)



instituto madrileño de estudios avanzados

nanoscience and nanotechnology:
small is different



Líneas de investigación

- Molecular Nanoscience and Chemical Synthesis
- Time-resolved Optical Spectroscopy
- Scanning Probe Microscopies and Surfaces
- Transport in 2D Systems
- Nanomagnetism
- Nanoscience for Critical Raw Materials
- Nanomedicine
- Nanobiosystems
- Nanostructured Functional Surfaces
- Quantum Nanodevices

160 trabajadores



Administración: 10

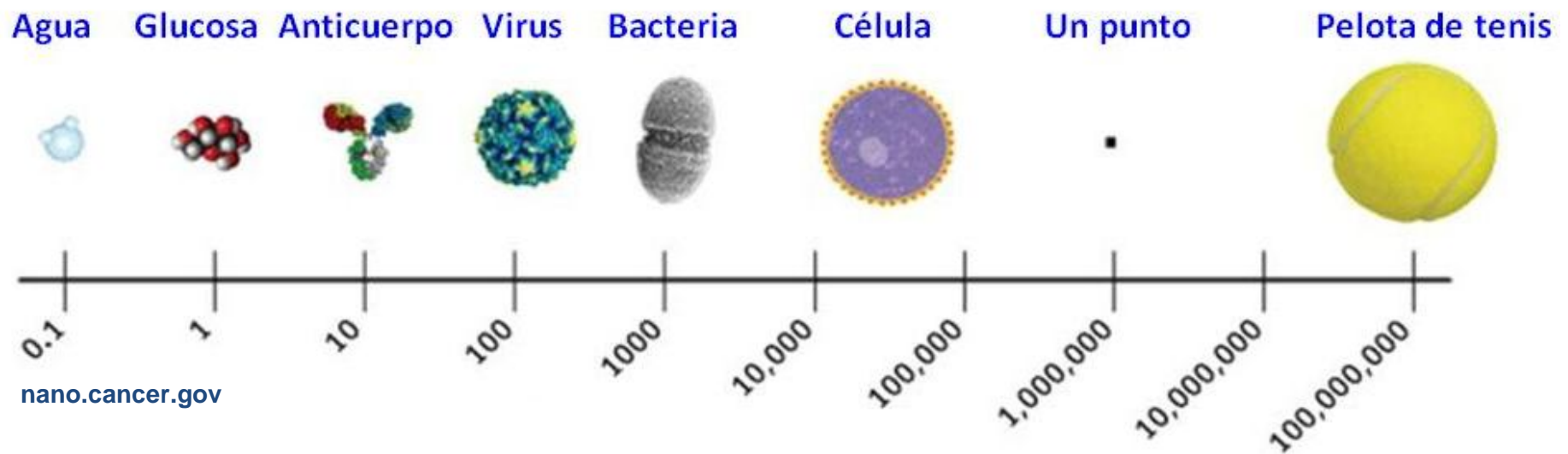
Nanociencia

Nanopartículas

- *¿Qué son? ¿Dónde están? ¿Para qué se utilizan?*
- *¿Existe regulación sobre su manipulación?*
- *Propiedades en la nanoescala. Ejemplos.*

Nanociencia

Estudio de la materia en la **nanoescala (1-100 nm)**, donde pueden surgir propiedades y fenómenos distintos de los asociados a la materia macroscópica y a los átomos y moléculas individuales.



Nanotecnología:

Aplicación del conocimiento científico para manipular y controlar la materia en la nanoescala y hacer uso de sus propiedades.

Nanotecnología en el ~~future~~ presente

"Inventario de productos de consumo nanotecnológicos" (revisado en 2013)

<http://www.nanotechproject.org/cpi/>

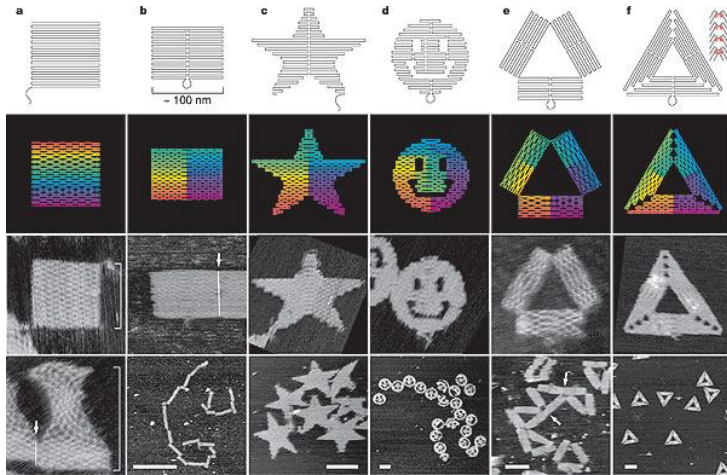
- ❖ Más de 1800 productos de consumo de 622 empresas y de 32 países
 - ❖ 42 % relacionado con la salud o el "bienestar personal"
- (otras: aplicaciones domésticas, automoción, electrónica, electrodomésticos, alimentación, ...)

Table S1: Number of companies and products per country of origin.

Country	Companies	Products	Country	Companies	Products
1 USA	290	773	18 Finland	3	3
2 Korea	64	132	19 Malaysia	3	4
3 Germany	63	328	20 Singapore	3	24
4 UK	35	104	21 Czech Republic	2	16
5 Japan	32	56	22 Netherlands	2	5
6 China	24	57	23 New Zealand	2	5
7 Denmark	12	47	24 Sweden	2	2
8 Australia	10	21	25 Argentina	1	1
9 France	10	34	26 Brazil	1	1
10 Taiwan	10	28	27 Iceland	1	1
11 Canada	9	17	28 India	1	2
12 Italy	7	14	29 Ireland	1	1
13 Switzerland	7	44	30 Lithuania	1	1
14 Israel	6	10	31 Mexico	1	1
15 Austria	4	11	32 Philippines	1	1
16 Poland	4	17	Unknown	6	49
17 Thailand	4	4	Total	622	1814

Vance, M. E. et al. "Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory"
Beilstein J. Nanotechnol. **2015**, *6*, 1769–1780

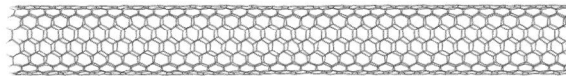
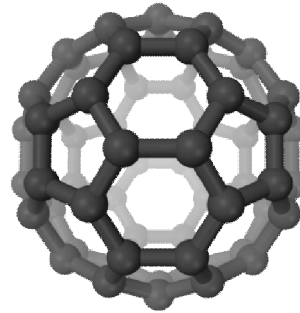
Nanociencia: ejemplos



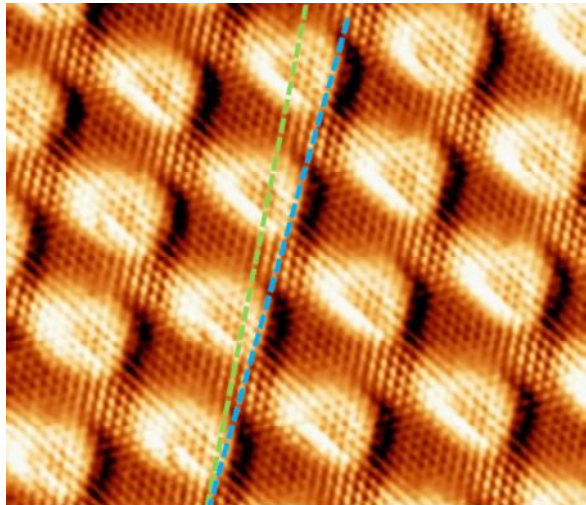
Origami con ADN

P. Rothmund *Nature* 2006

Buckminsterfullereno

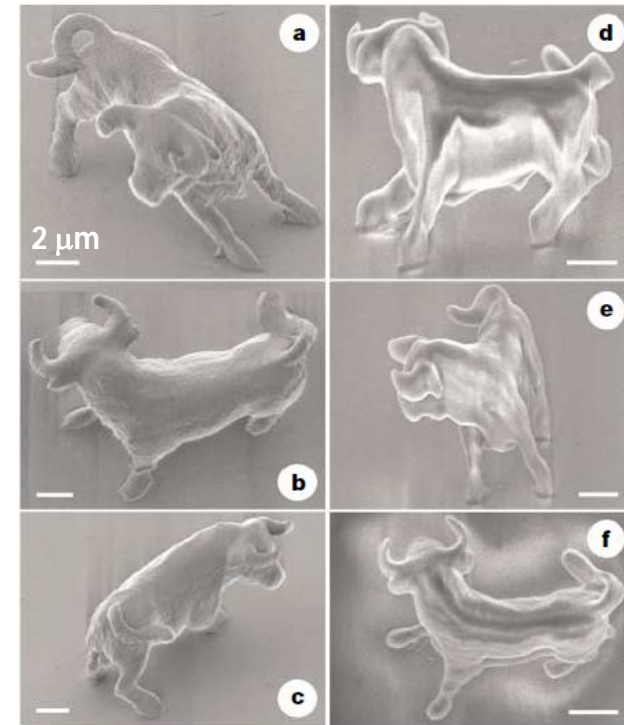


Nanotubo de carbono



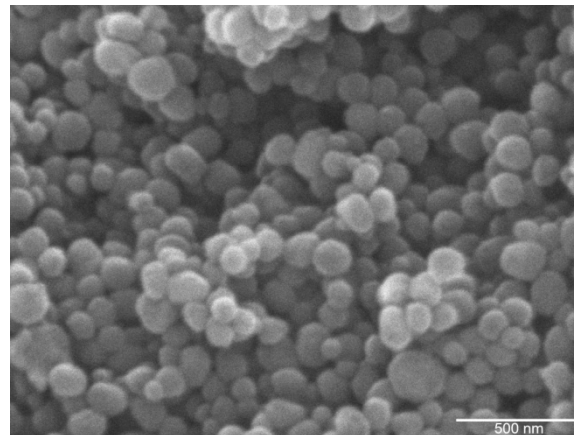
Grafeno sobre Ru(0001)

B. Borca et al. *New J. Phys.* 2010



"Fotopolimerización"

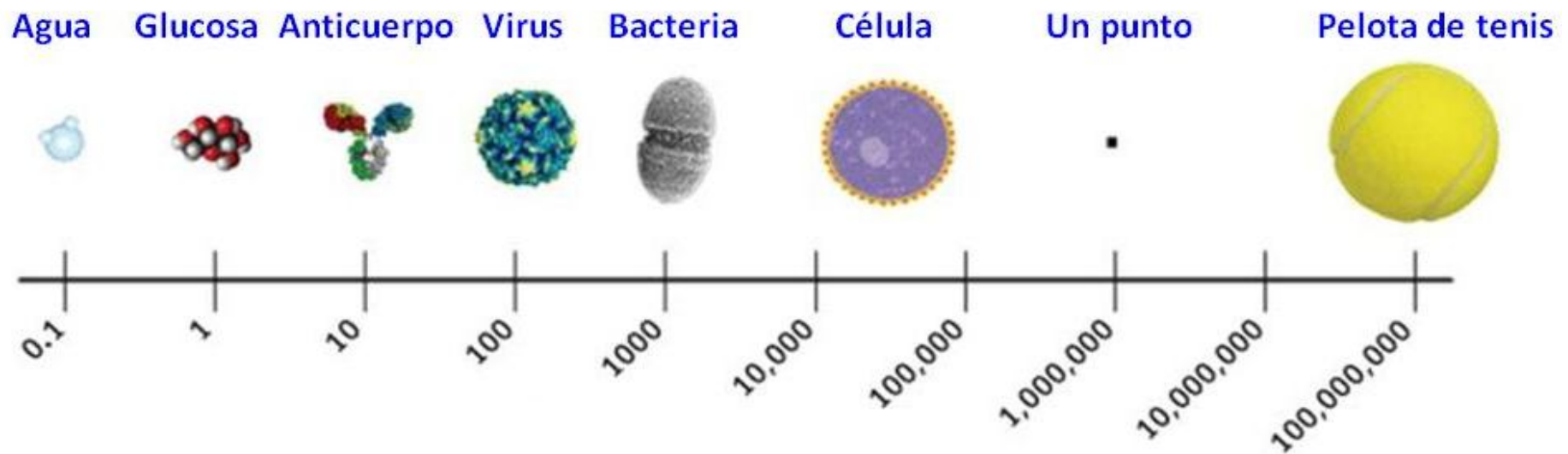
S. Kawata, H.-B. Sun, T. Tanaka,
K. Takada (*U. Osaka, Japón*)



Sílica mesoporosa
(imagen de SEM)

Nanopartículas

Objeto con las tres dimensiones externas en el intervalo de 1 a 100 nm *aproximadamente*. (*British Standards Institution.*)



- **Inorgánicas**

- **Orgánicas**: micelas, vesículas, liposomas, poliméricas, dendrímeros ...

Nanopartículas: fuentes de exposición

- Origen natural

Biológico: virus, proteínas, magnetosomas, etc

Geológico: depósitos minerales, actividad volcánica

Cosmológico: nanodiamantes, nanotubos de carbono, fullerenos

Nanopartículas: fuentes de exposición

- Origen natural

Biológico: virus, prote



Albúmina (3.8 nm x 15 nm)

, etc

1 μ m

Geológico: depósitos r

volcái



Cosmológico: nanodiamantes, nanotubos de carbono, fullerenos

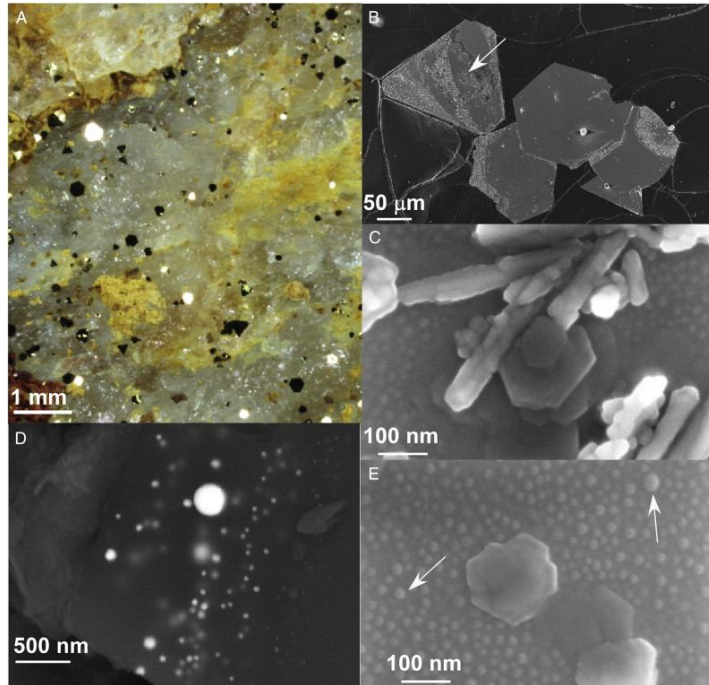
Nanopartículas: fuentes de exposición

- Origen natural

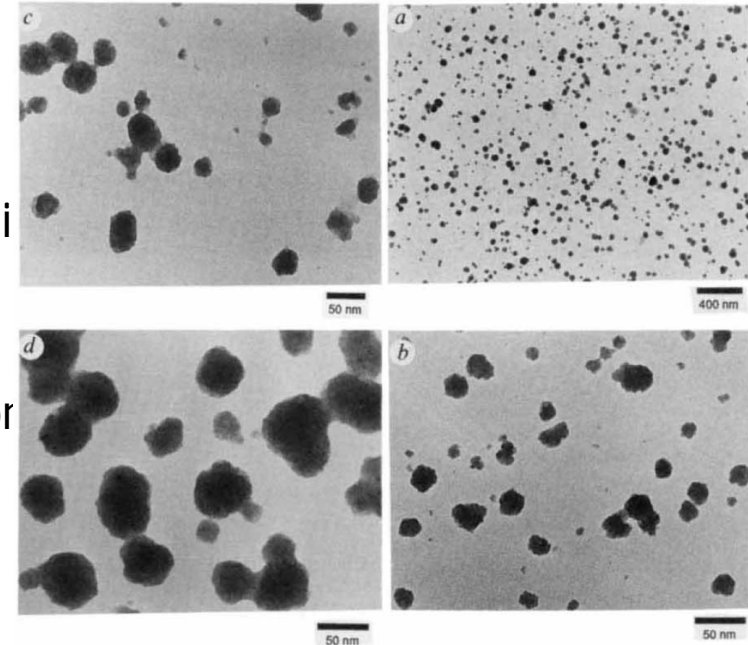
Biológico:

Geológico:

Cosmológico:



Fractura de cuarzo erosionado con población de nanopartículas de oro en mina australiana
Ore Geol. Rev. **2011**, *42*, 55-61



Nanopartículas en el mar. Mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos. *Nature* **1991**, *353*, 342-344

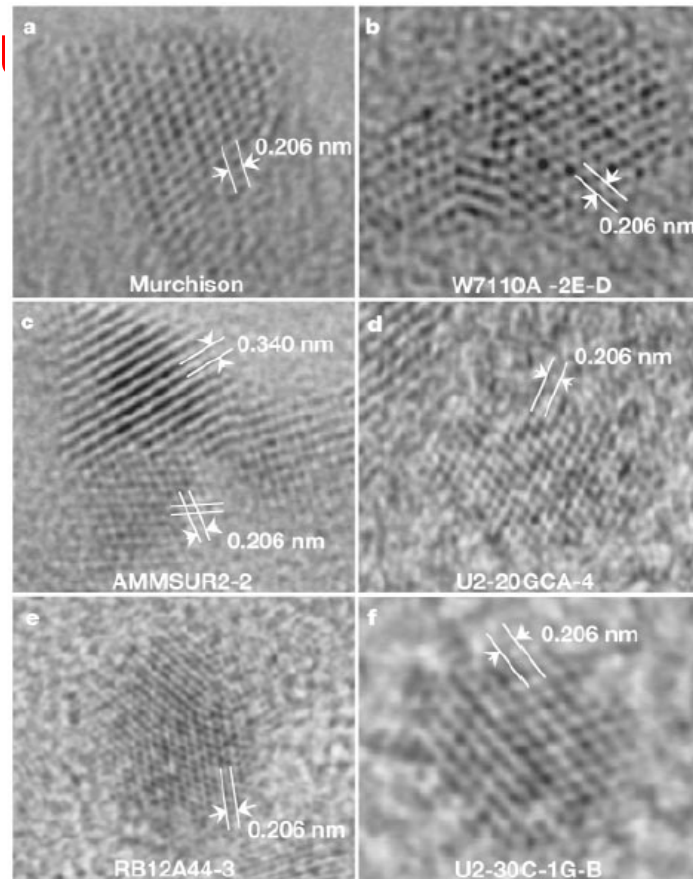
Nanopartículas: fuentes de exposición

- Origen natural

Biológico:

Geológico:

Cosmológico:



Nanodiamantes en meteoritos. *Nature* **2002**, 418, 157-159



Nebulosa del Águila. Pilares de gas y polvo en los que se pueden detectar óxidos, silicatos, carburos, nitruros y compuestos orgánicos. Imagen tomada por el telescopio Hubble - NASA, ESA)

Nanopartículas: fuentes de exposición

- Origen natural

Biológico: virus, proteínas, magnetosomas, etc

Geológico: depósitos minerales, actividad volcánica

Cosmológico: nanodiamantes, nanotubos de carbono, fullerenos

- Origen humano - formación involuntaria

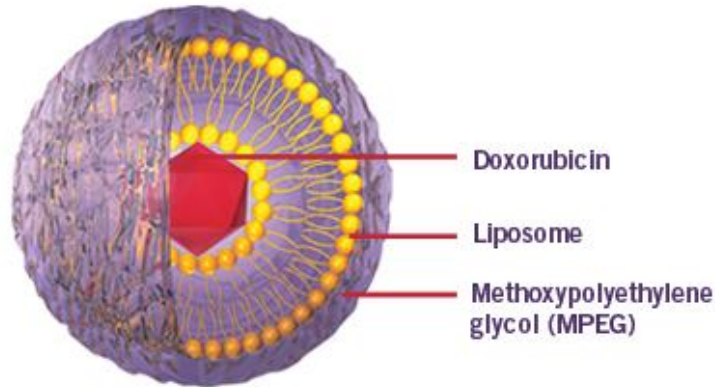
En minería, producción de residuos en general y residuos de procesos industriales

- Origen humano - industrial

Estimaciones *groseras* de producción de algunos nanomateriales a gran escala (nano-TiO₂; nano-CeO₂; nanotubos de carbono; fullerenos; nano-Ag) dan valores de miles a decenas de miles de toneladas por año (datos escasos y poco consistentes)

Environ. Sci. Technol. **2011**, *45*, 2562-2569

Nanopartículas: ¿para qué se usan?

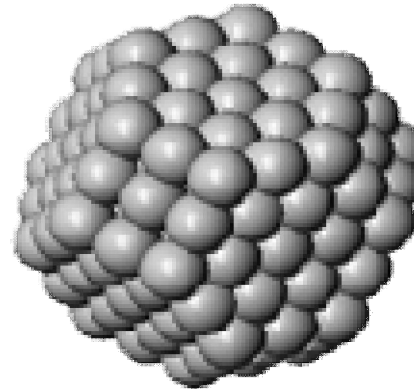


Industria farmacéutica

- nuevos fármacos
- nuevas formulaciones para viejos fármacos, p. ej. Abraxane (Taxol), Doxil (Doxorubicin)

Industria agroalimentaria

- Nanosensores y envasado "inteligente" mejorar trazabilidad, informar sobre calidad o presencia de patógenos, con propiedades antibacterianas, ...
- Aumentar sabor y propiedades nutritivas
- Fertilizantes más eficaces
- Mejorar estabilidad de pesticidas



Cosmética

- cremas
- cepillos de dientes
- peluquería

Microelectrónica Grabación magnética



CoCrPt, 30-40 nm
1 bit \approx 100 partículas

Next: HAMR?

Catálisis

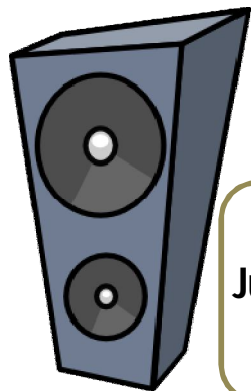
alta relación superficie/volumen, diferencia de reactividad entre caras, aristas y vértices



Construcción

en cementos,
hormigón, pinturas,
aislantes

Lubricantes
Juntas cierre hermético
propiedades magnéticas



Exposición a Nanopartículas: regulación (o casi)

La nanotecnología es un área casi madura, pero de momento sólo hay recomendaciones

“Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the Technical Guidance Documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials”

Adopted by the Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks (SCENIHR) during the 19th plenary meeting of 21-22 June 2007

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consultations/public_consultations/scenihr_cons_04_en.htm

Medidas de control de la exposición a nanomateriales

- Contención

Sistemas cerrados o en matriz fluida

- Sistemas de extracción de gases

(campanas extractoras, cajas de guantes, ventilación controlada, ...)

Controlar emisiones en procesos de manipulación, como mezcla, pesada y empaquetado

Con NPs, las especificaciones y calidad de estos sistemas debería ser similar a las usadas con gases

- Filtrado

Es de esperar [sic] que los filtros de fibra con las especificaciones adecuadas sean buenos colectores de NPs

- Equipos de Protección Individual

Se espera una alta eficacia de las mascarillas

El uso de ropa de protección (trajes de protección, batas, guantes) debe considerarse para cada caso individual

Actualmente no hay información sobre la penetración de nanopartículas a través de los materiales de la ropa de protección

Exposición a Nanopartículas: regulación (o casi)

La nanotecnología es un área casi madura, pero de momento sólo hay recomendaciones

“Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the Technical Guidance Documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials”

Adopted by the Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks (SCENIHR) during the 19th plenary meeting of 21-22 June 2007

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consultations/public_consultations/scenihr_cons_04_en.htm

Conclusiones en el apartado de salud

- ❖ Dosis: mejor concentración en número de NPs y superficie expuesta que en masa
- ❖ Producción a gran escala: **el mayor riesgo es la entrada por inhalación**
- ❖ Personas con asma o enfermedades cardiovasculares pueden ser más susceptibles a efectos adversos
- ❖ No siempre la toxicidad de las NPs es mayor que la de las mismas sustancias a mayor escala
→ **estudiar cada caso en particular**
- ❖ Prestar atención a cambios en las propiedades físico-químicas que puedan ocurrir (por aglomeración, disociación y adsorción de otras sustancias en el medio)
- ❖ Expresar dosis de exposición en términos la nanopartícula tal y como es producida o liberada inicialmente

Exposición a Nanopartículas: regulación (o casi)

La nanotecnología es un área casi madura, pero de momento sólo hay recomendaciones

“Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the Technical Guidance Documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials”

Adopted by the Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks (SCENIHR) during the 19th plenary meeting of 21-22 June 2007

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consultations/public_consultations/scenihr_cons_04_en.htm

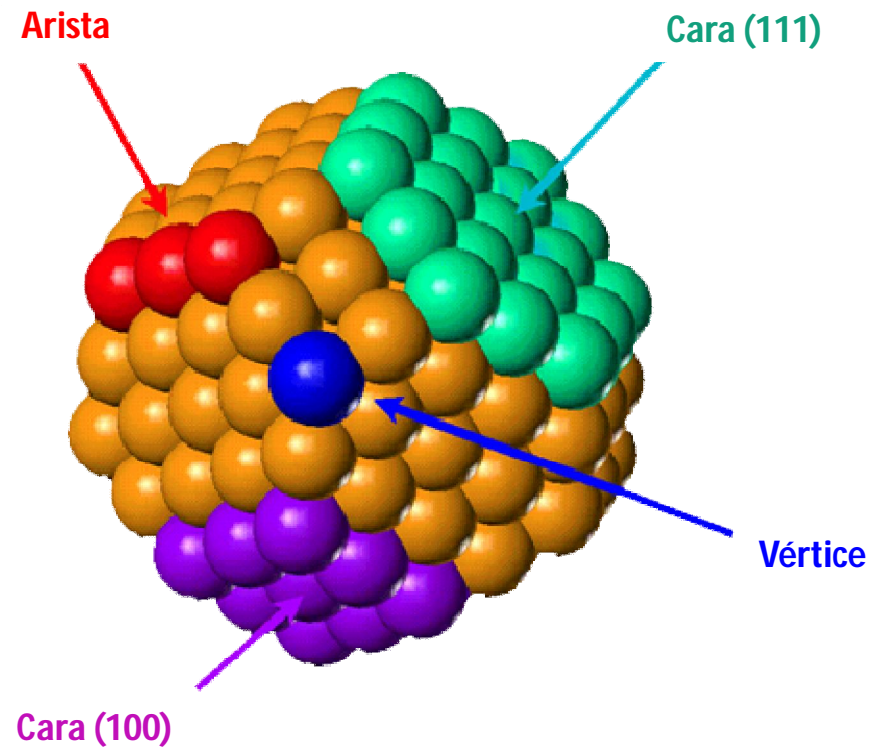
Identificación de riesgos personales y medioambientales

Punto de partida: nanomaterial adecuadamente caracterizado

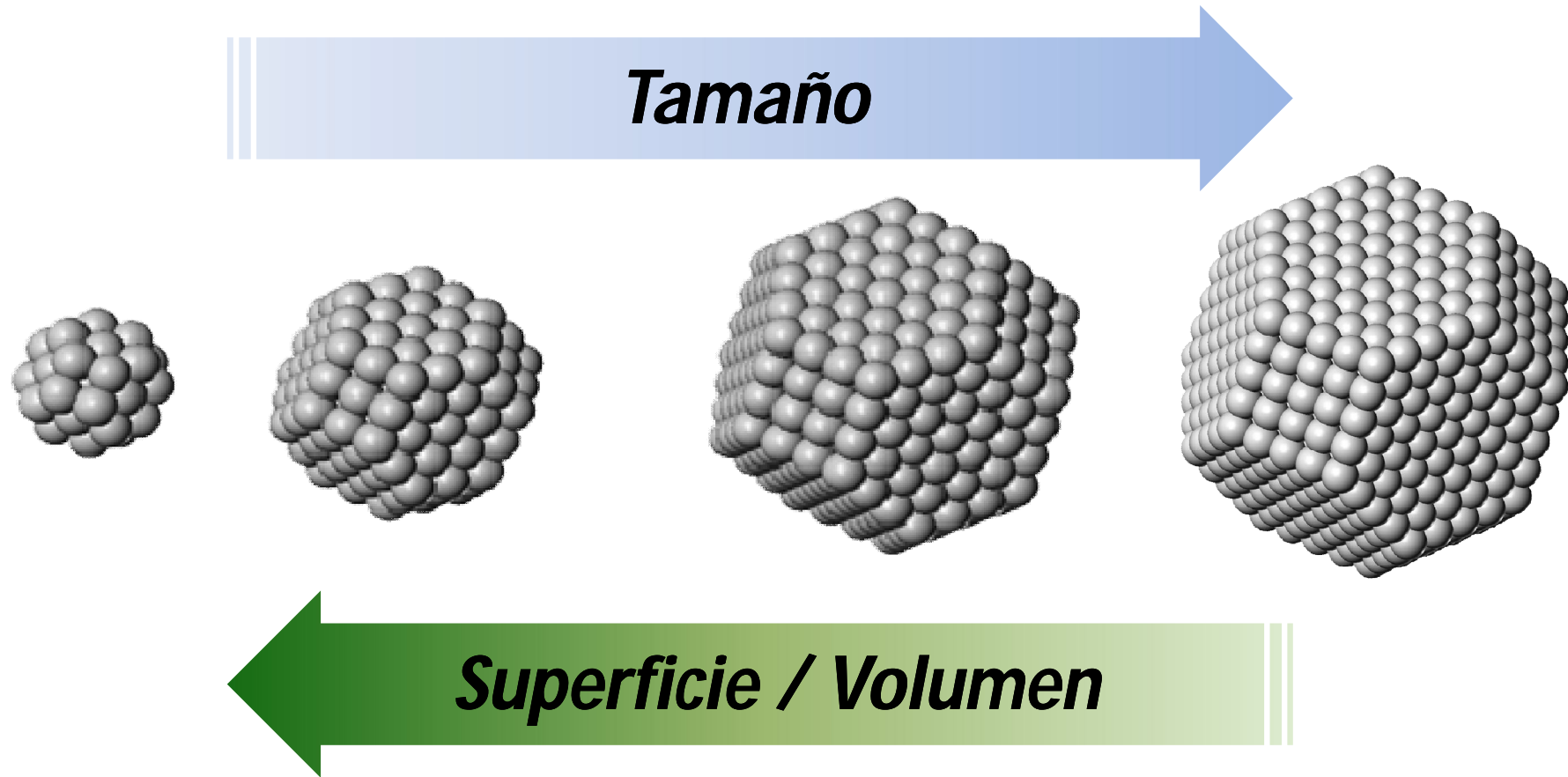
4 etapas:

1. Identificar si manufactura, uso, desecho o reciclado puede resultar en exposición
2. Determinar naturaleza, nivel y duración de la exposición
3. Identificar las propiedades peligrosas de cualquier forma del nanomaterial para la que pueda haber exposición
4. Evaluación de peligros y evaluación final del riesgo

Nanopartículas

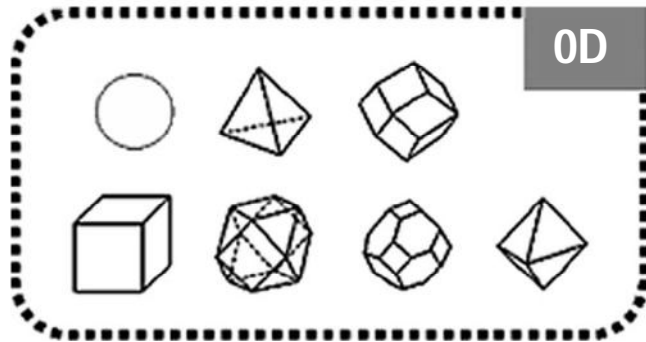


Nanopartículas

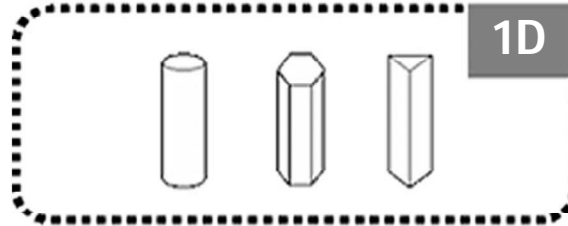


Nanopartículas: forma

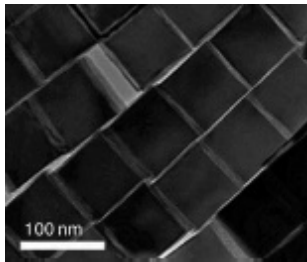
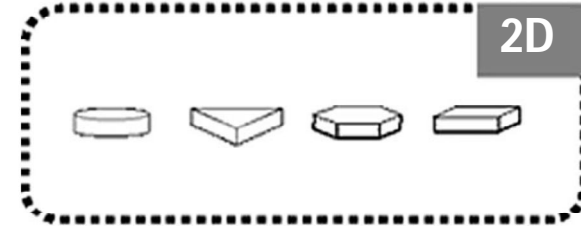
esferas, cubos, poliedros



barras, cables

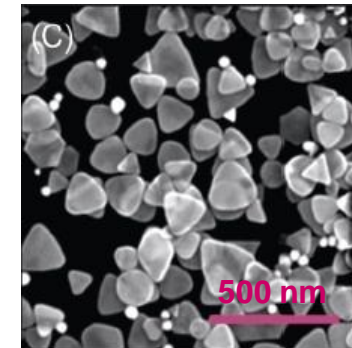


discos, prismas 2D

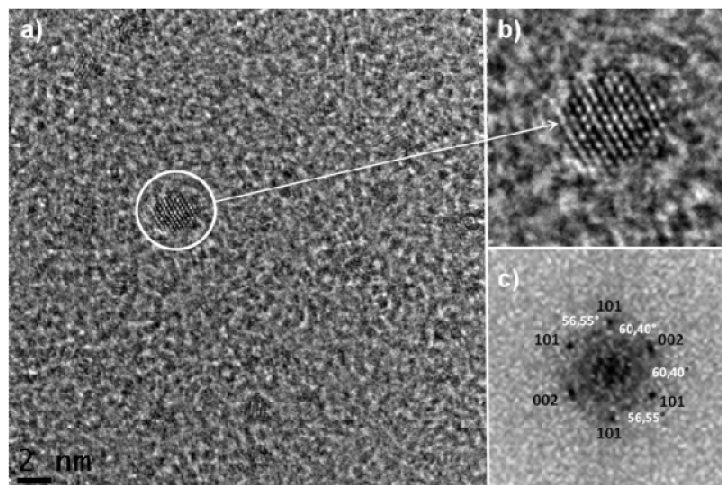


Nanocubos de Fe_3O_4
T. Hyeon *JACS* 2009

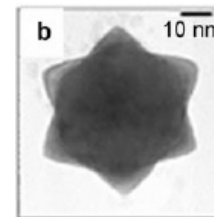
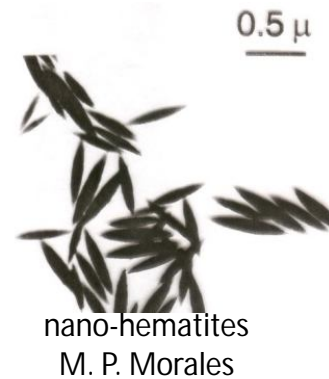
En las nanopartículas inorgánicas los átomos están ordenados en estructuras cristalinas y pueden dar lugar a formas muy diversas.



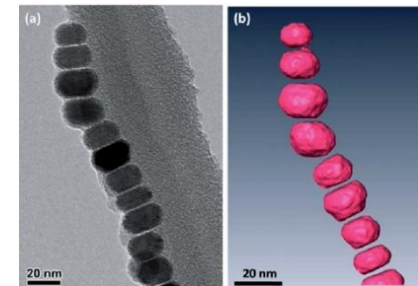
"Nanonachos" de Au
B. Pelaz *Langmuir* 2011



Nanoesfera de Ru



Nanoestrella de PbS
J. Cheon *JACS* 2002



Nanodiscos de Co
M. Comesaña-Hermo *J. Mater. Chem.* 2012

Nanopartículas: síntesis

- “Top-down”

Obtener nanopartículas a partir de material a mayor escala.

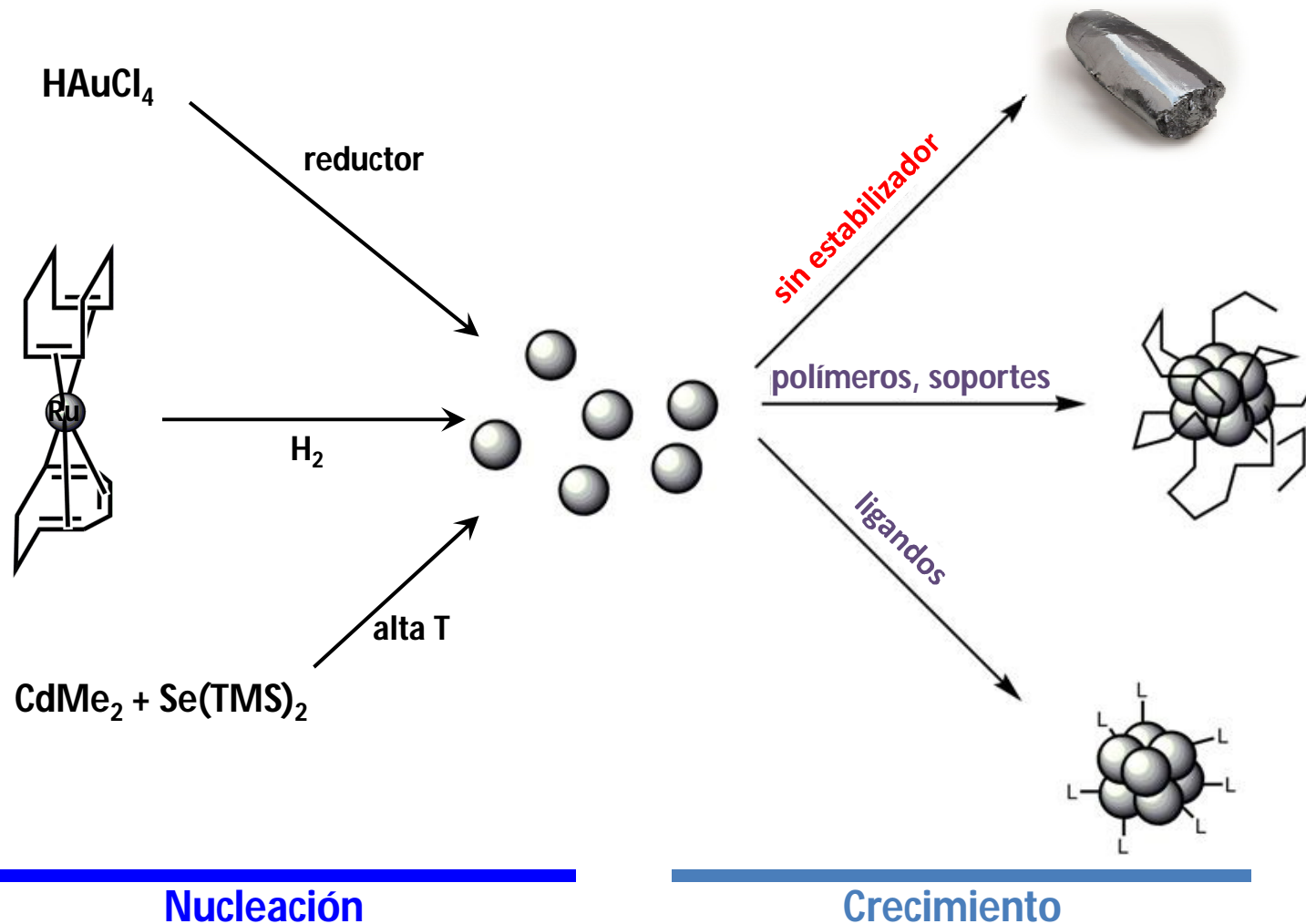
P. ej. molienda, corrosión con ácidos, nanolitografía, ...

- “Bottom-up”

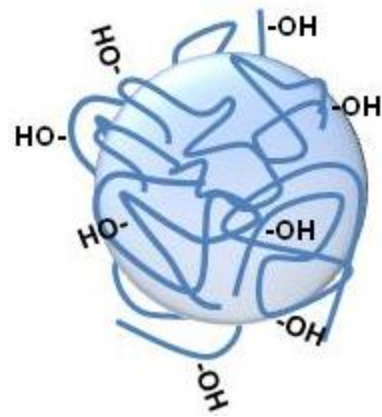
Unir átomos/moléculas para obtener nanopartículas.

P.ej. sol-gel, pirólisis, microemulsiones, reducción de sales, deposición en vacío, implantación de iones, ...

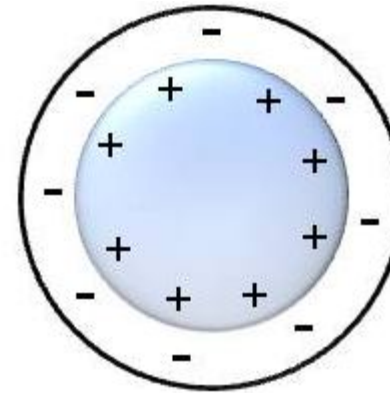
Nanopartículas: síntesis química



Nanopartículas: caracterización



Diámetro de núcleo (*core*)
Diámetro (*hidrodinámico*)



Diámetro de núcleo (*core*)
Diámetro (*hidrodinámico*)

Algunas técnicas de caracterización habituales

Microscopía electrónica de transmisión (TEM), barrido (SEM), fuerzas atómicas (AFM), efecto túnel (STM)

Dispersión dinámica de la luz (DLS)

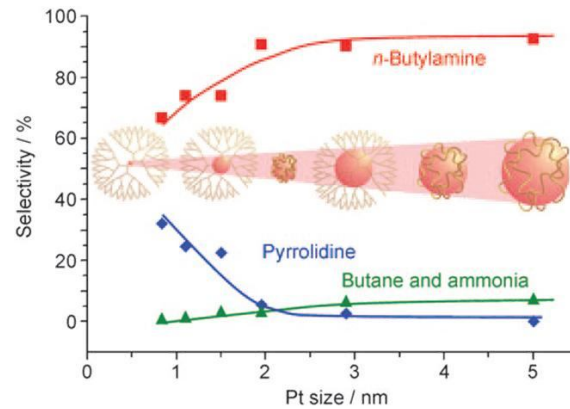
Difracción de rayos X (y de electrones), espectroscopía de rayos X de energía dispersada (EDX),
espectroscopía de pérdida de energía electrónica (EELS)

Análisis termogravimétrico (TGA, DSC)

Espectroscopía de infrarrojo (FTIR, DRIFT), Raman, espectroscopía fotoeléctrica de rayos X (XPS),

Nanopartículas: campos especialmente activos en investigación

- Catálisis



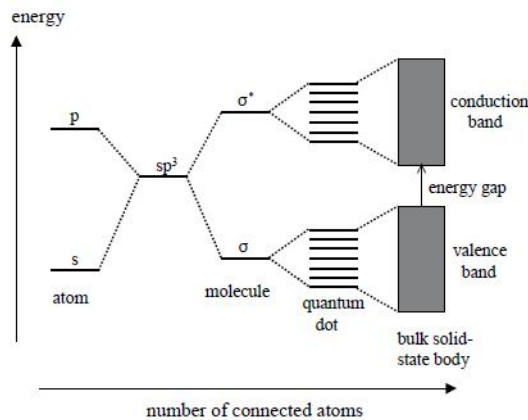
Hidrogenación de pirrol con nanopartículas de Pt encapsuladas en un dendrímero de PVP (G. Somorjai *Angew. Chem.* 2008)

- Resonancia de plasmón superficial



Copa de Licurgo (Museo Británico, Londres). Roma, s. IV a. c.
Nanopartículas de Au y Ag de 50-70 nm en el interior del vidrio.

- Puntos cuánticos



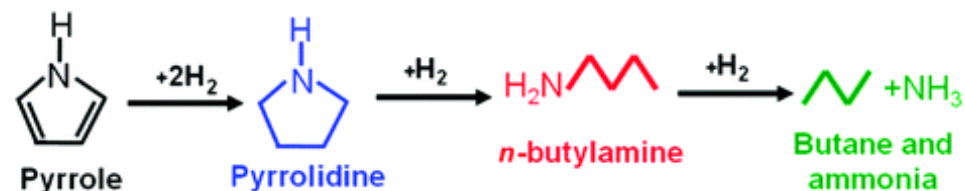
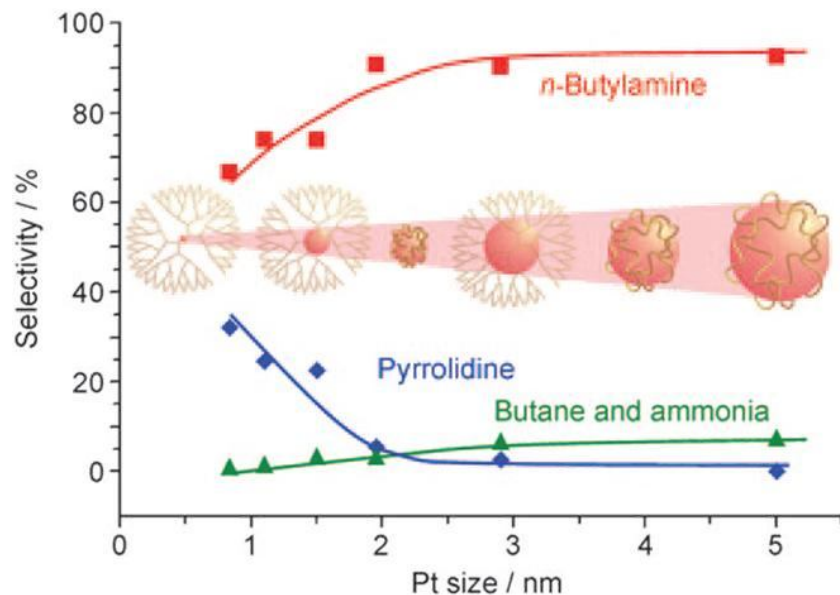
ΔE aumenta al disminuir tamaño



CdSe

- Nanopartículas magnéticas

Nanopartículas: catálisis

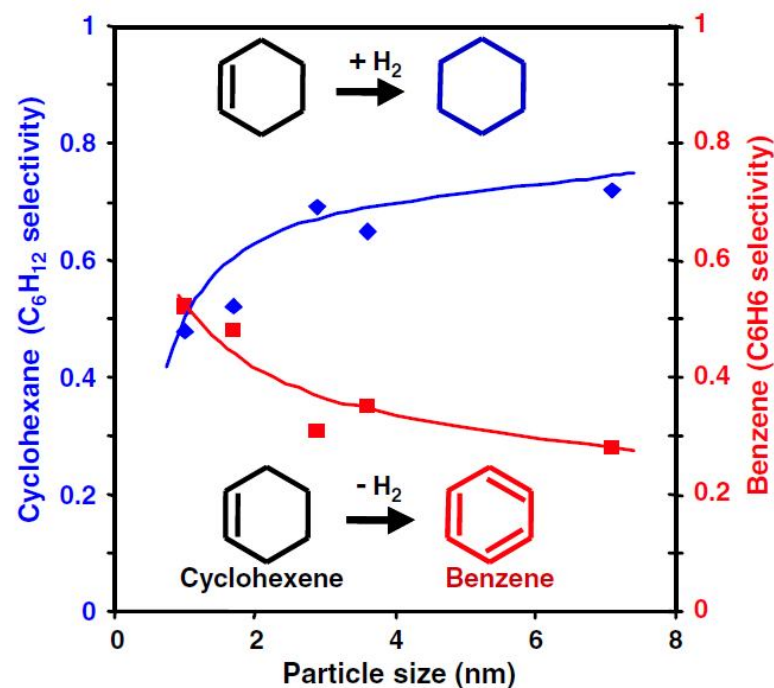


Efectos de tamaño y forma en hidrogenación de pirrol con nanopartículas de Pt encapsuladas en un dendrímero de PVP

Somorjai, G. *Angew. Chem.* **2008**, 47, 9212-9228

Selectividad en la Hidrogenación/deshidrogenación de ciclohexeno en función del tamaño de las nanopartículas de Pt empleadas como catalizador

Somorjai, G. *Top. Catal.* **2008**, 49,126-135



Nanopartículas: resonancia de plasmón superficial

“Oro coloidal rubí”

Michael Faraday, 1857

Experimental Relations of Gold (and Other Metals) to Light

Conceiving it very possible that some experimental evidence of value might result from the introduction into a ray of separate particles having great power of action on light, the particles being at the same time very small as compared to the wave-lengths, I sought amongst the metals for such. Gold seemed especially fitted for experiments of this nature, because of its comparative opacity amongst bodies, and yet possession of a real transparency; because of its development of colour both in the reflected and transmitted ray; because of the state of tenuity and division which it permitted with the preservation of its integrity as a metallic body; because of its supposed simplicity of character; and because known phenomena appeared to indicate that a mere variation in the size of its particles gave rise to a variety of resultant colours. Besides, the waves of light are so large compared to the dimensions of the particles of gold which in various conditions can be subjected to a ray, that it seemed probable the particles might come into effective relations to the much smaller vibrations of the ether particles; in which case, if reflexion, refraction, absorption, &c. depended upon such relations, there was reason to expect that these functions would change sensibly by the substitution of different-sized particles of this metal for each other. At one time I hoped that I had altered

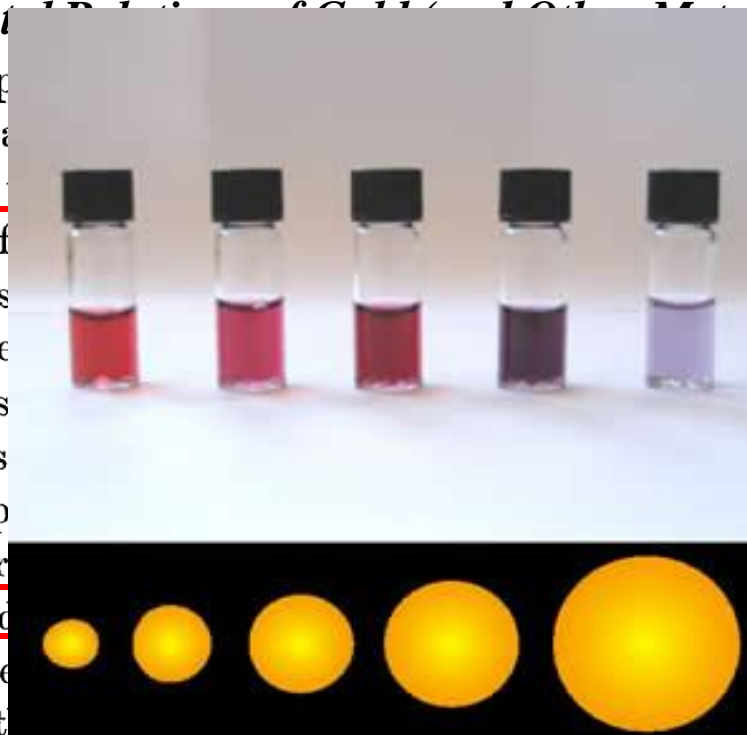
Nanopartículas: resonancia de plasmón superficial

“Oro coloidal rubí”

Michael Faraday, 1857

Experimental Researches in Electricity (1839) (1841) (1850) (1855) (1857) (1858) (1859) (1860) (1861) (1862) (1863) (1864) (1865) (1866) (1867) (1868) (1869) (1870) (1871) (1872) (1873) (1874) (1875) (1876) (1877) (1878) (1879) (1880) (1881) (1882) (1883) (1884) (1885) (1886) (1887) (1888) (1889) (1890) (1891) (1892) (1893) (1894) (1895) (1896) (1897) (1898) (1899) (1900) (1901) (1902) (1903) (1904) (1905) (1906) (1907) (1908) (1909) (1910) (1911) (1912) (1913) (1914) (1915) (1916) (1917) (1918) (1919) (1920) (1921) (1922) (1923) (1924) (1925) (1926) (1927) (1928) (1929) (1930) (1931) (1932) (1933) (1934) (1935) (1936) (1937) (1938) (1939) (1940) (1941) (1942) (1943) (1944) (1945) (1946) (1947) (1948) (1949) (1950) (1951) (1952) (1953) (1954) (1955) (1956) (1957) (1958) (1959) (1960) (1961) (1962) (1963) (1964) (1965) (1966) (1967) (1968) (1969) (1970) (1971) (1972) (1973) (1974) (1975) (1976) (1977) (1978) (1979) (1980) (1981) (1982) (1983) (1984) (1985) (1986) (1987) (1988) (1989) (1990) (1991) (1992) (1993) (1994) (1995) (1996) (1997) (1998) (1999) (2000) (2001) (2002) (2003) (2004) (2005) (2006) (2007) (2008) (2009) (2010) (2011) (2012) (2013) (2014) (2015) (2016) (2017) (2018) (2019) (2020) (2021) (2022) (2023) (2024) (2025)

Conceiving it very possible that the introduction into a solution of the particles being at present amongst the metals of this nature, because of its transparency; because of its nature, because of the scattering of its integrity as well as because known particles of its particles gave rise to such a large compared with conditions can be subjected to effective relations to the light, if reflexion, refraction, absorption, &c. depended upon such relations, there was reason to expect that these functions would change sensibly by the substitution of different-sized particles of this metal for each other. At one time I hoped that I had altered

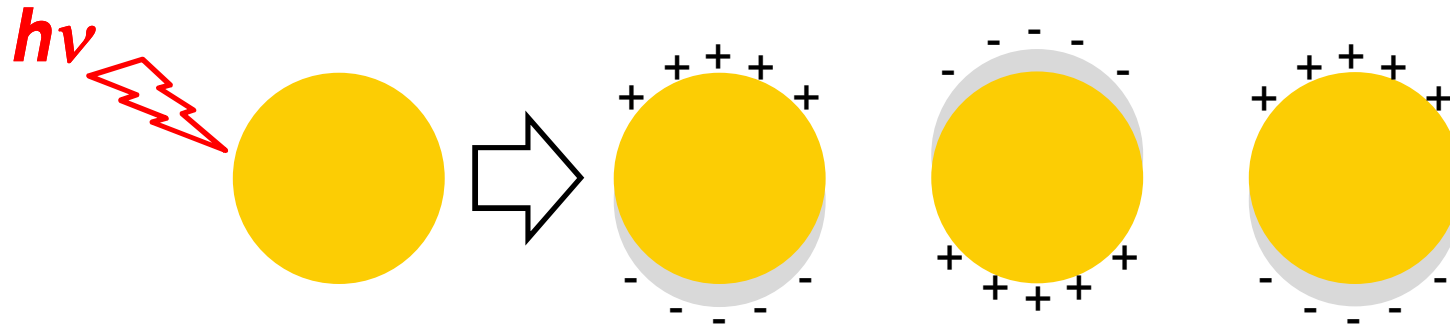


Picture by Aleksandar Kondinski (Wikipedia)

value might result from the power of action on light, wave-lengths, I sought for experiments of this kind, yet possession of a real effect and transmitted light with the preservation of simplicity of character; the variation in the size of the particles, the waves of light which in various conditions might come into contact with the particles; in which case,

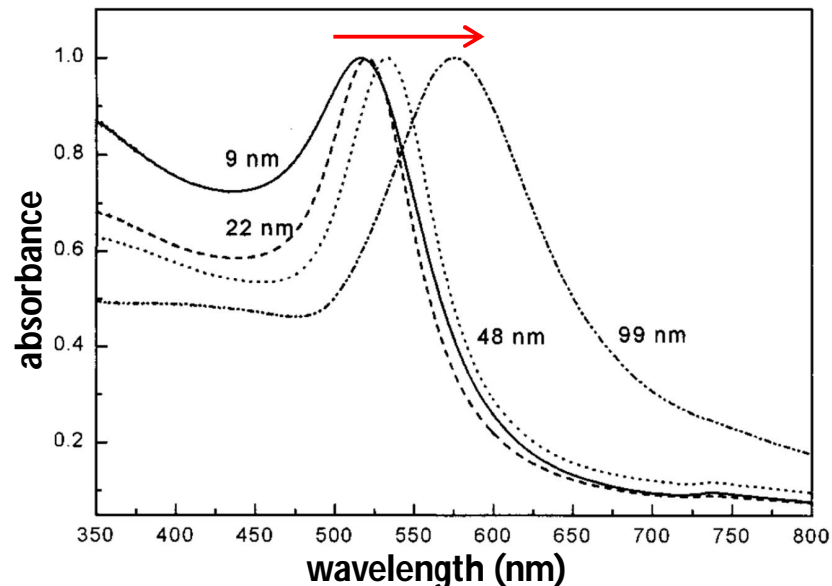
Nanopartículas: resonancia de plasmón superficial

Oscilación colectiva de los electrones de conducción excitados por el campo electromagnético de la luz. El material más común es el Au.



Con **nanopartículas**, el campo eléctrico inducido puede ser mucho mayor en de la luz incidente. El comportamiento es diferente al del metal con tamaños por encima de la nanoescala.

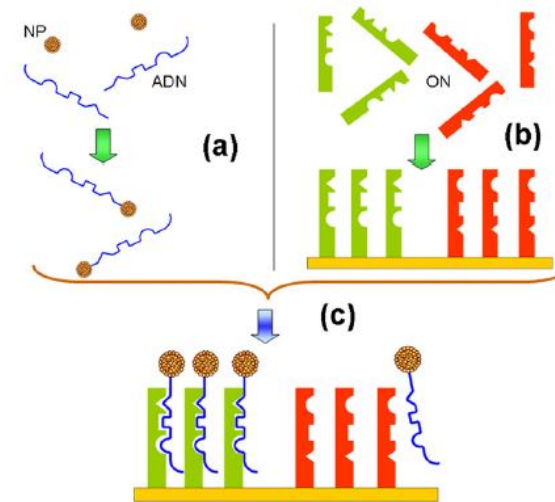
Pico de absorbancia función de tamaño, forma, composición



El-Sayed, M. et col. *J. Phys. Chem. B* **1999**, 103, 4212-4217

Aplicaciones

Fundamentalmente como sensores

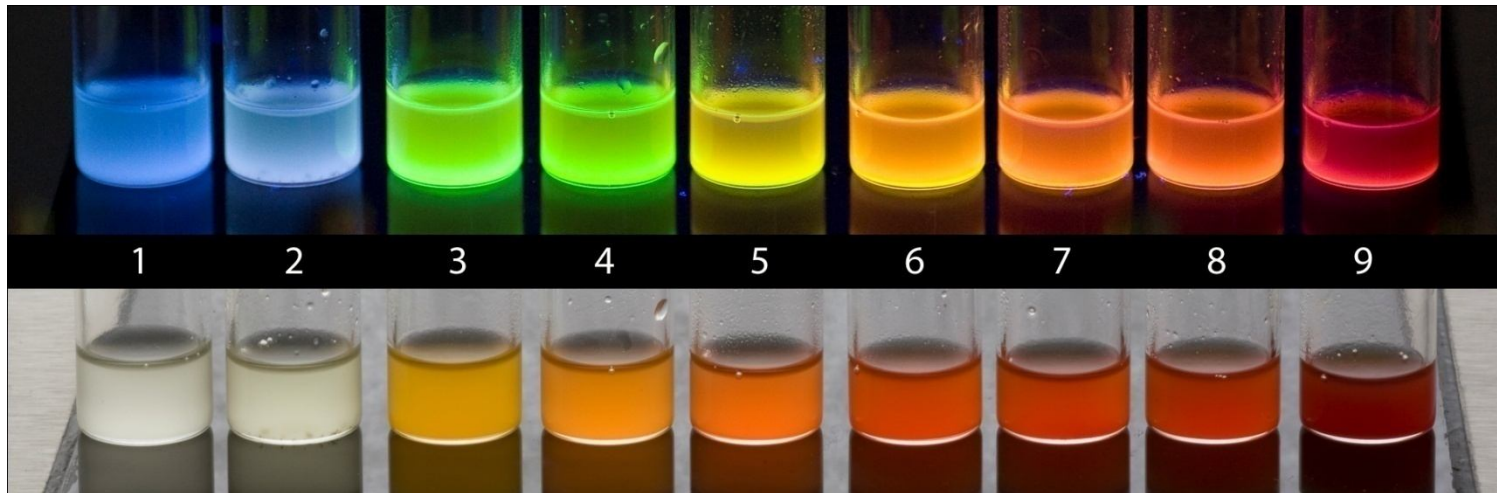


Reconocimiento de hebras de ADN

García, M. A. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2011**, 44, 283001

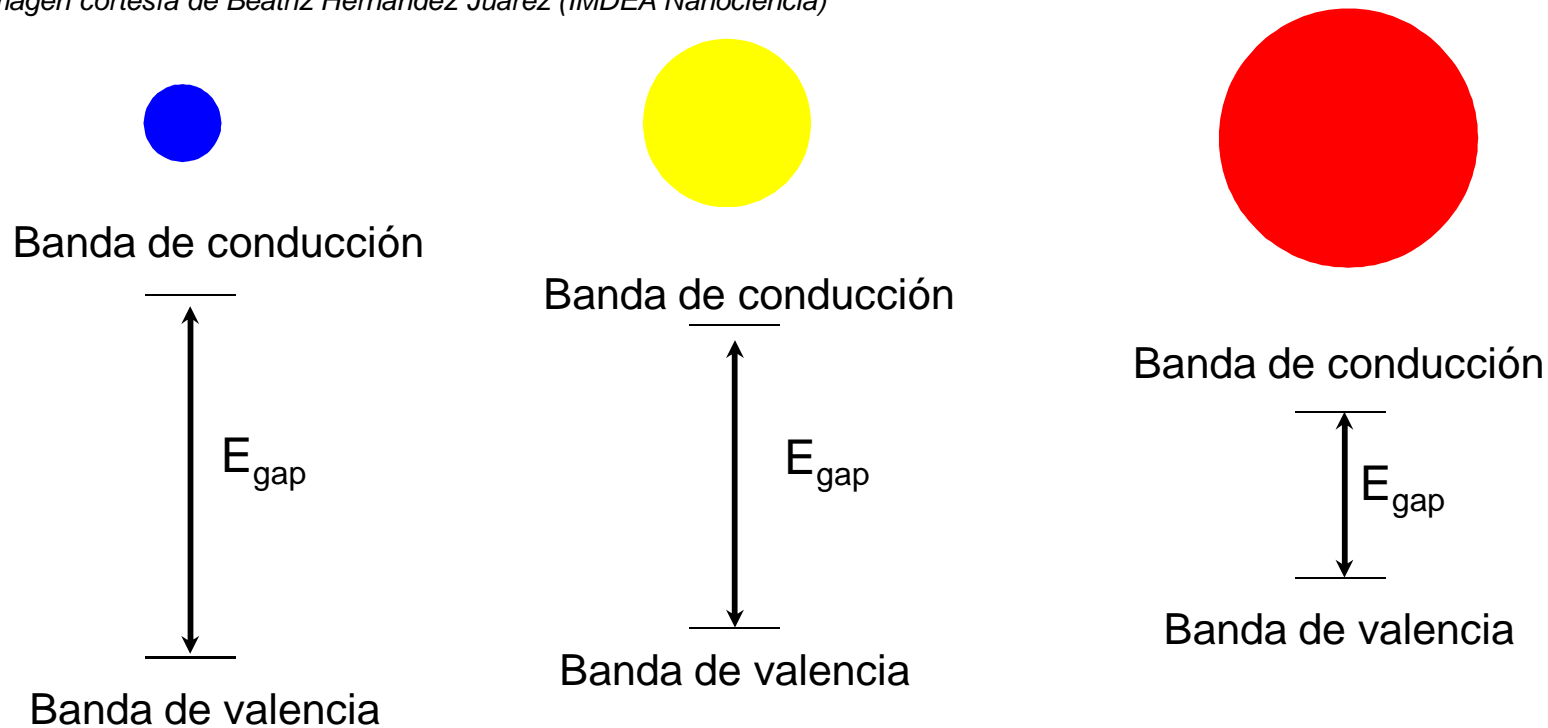
Nanopartículas: puntos cuánticos

Nanopartículas semiconductoras



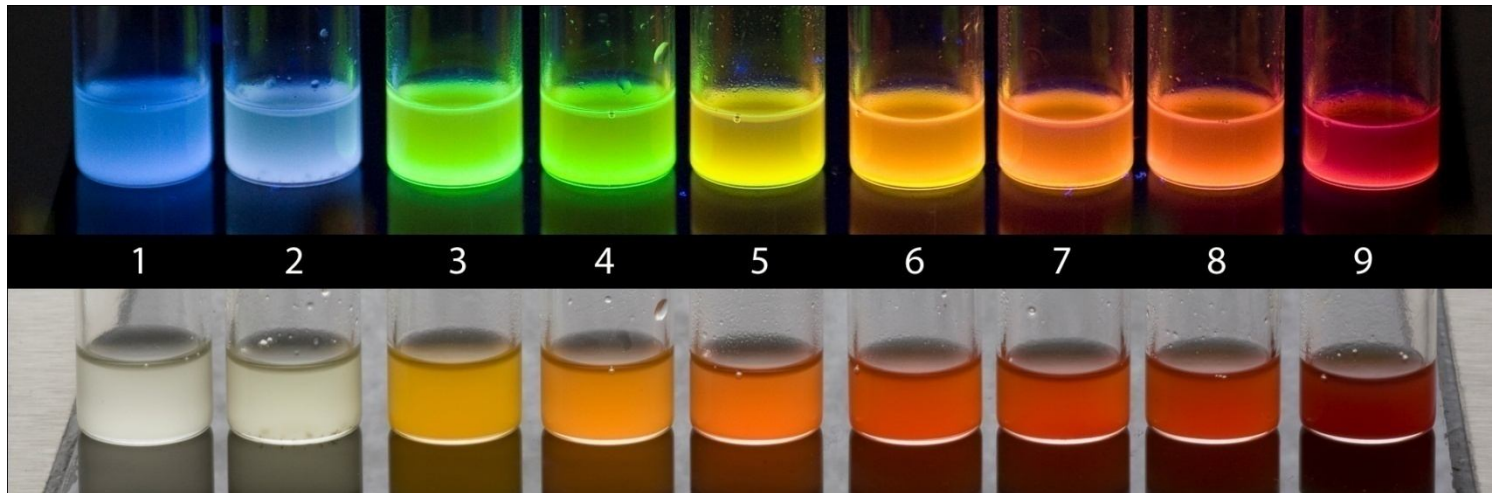
Emisión al ser irradiadas con luz UV

Imagen cortesía de Beatriz Hernández Juárez (IMDEA Nanociencia)



Nanopartículas: puntos cuánticos

Nanopartículas semiconductoras



Emisión al ser irradiadas con luz UV

Imagen cortesía de Beatriz Hernández Juárez (IMDEA Nanociencia)

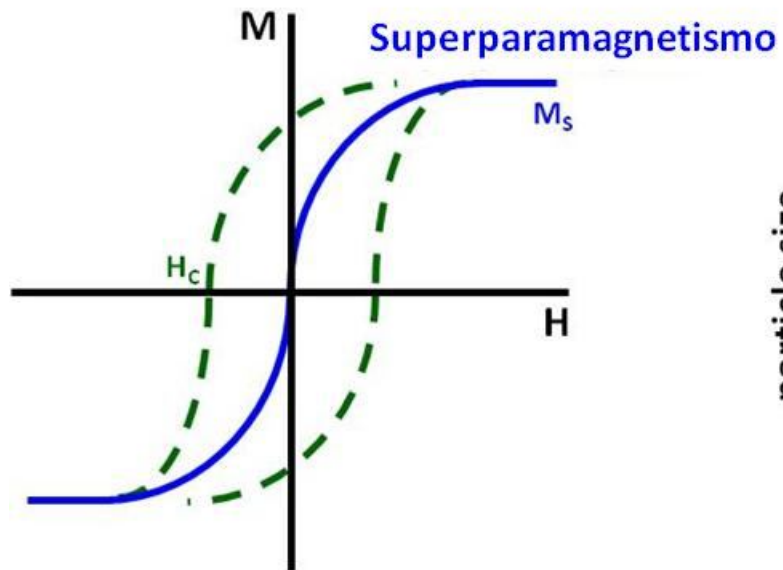


Esta tecnología está presente en algunos televisores comerciales Sony Bravia y otros dispositivos de Sony

“Color IQ™ es una tecnología avanzada de semiconductores emisores de luz desarrollada por QD Vision, Inc.”

<http://www.sony.es/hub/eco/productos-sostenibles/bravia/article/coloriq>

Nanopartículas magnéticas



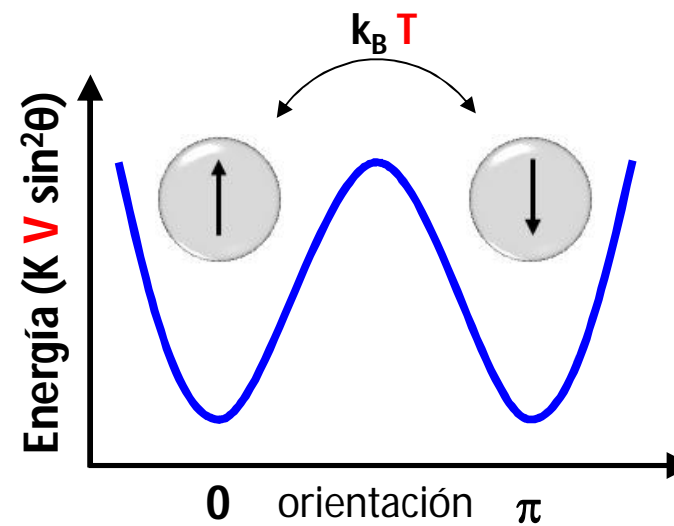
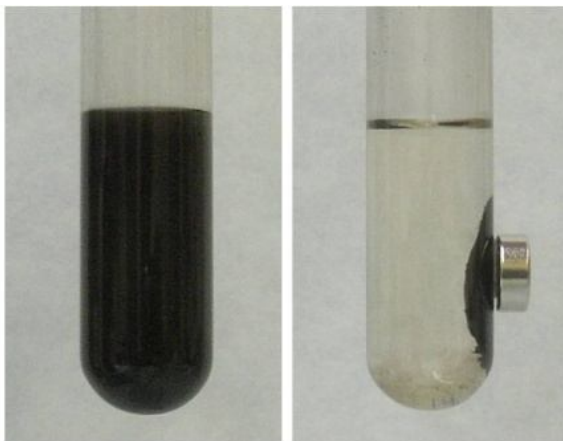
particle size



Multidominio



Superparamagnética
($H_c = 0$)

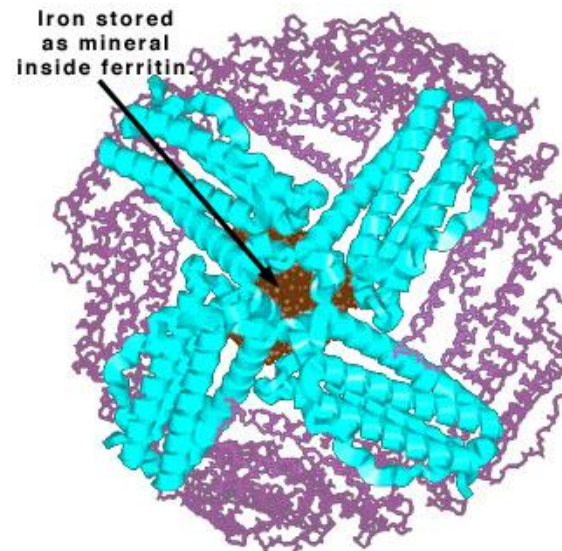
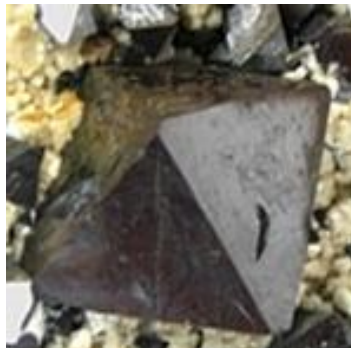
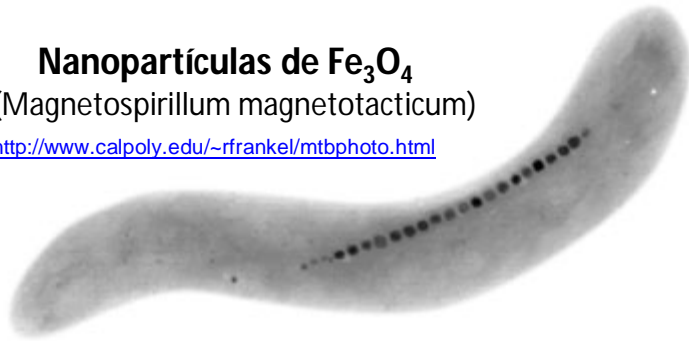


Nanopartículas magnéticas en la naturaleza

1 μm

Nanopartículas de Fe_3O_4
(*Magnetospirillum magnetotacticum*)

<http://www.calpoly.edu/~rfrankel/mtbphoto.html>



Óxido de hierro almacenado en ferritina

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer

Diagnóstico

(imagen médica)

- Imagen de resonancia magnética nuclear (MRI)
- Imagen de partícula magnética (MPI) - **experimental**

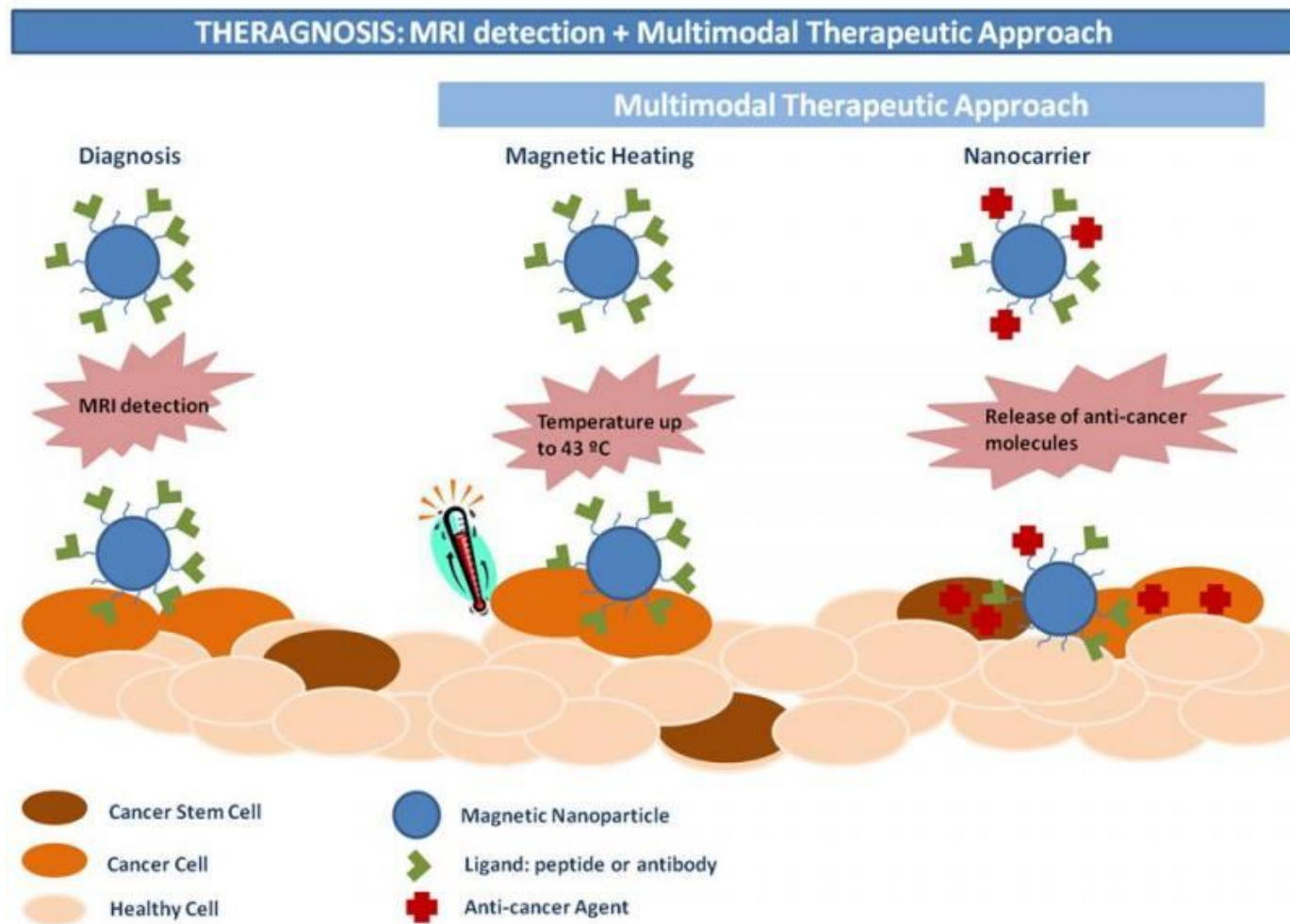
Terapia

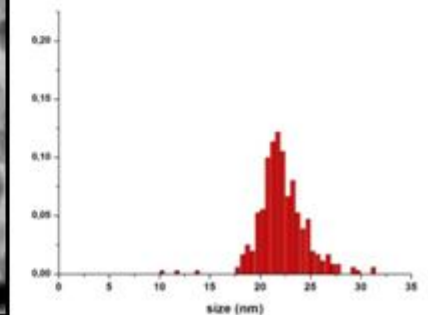
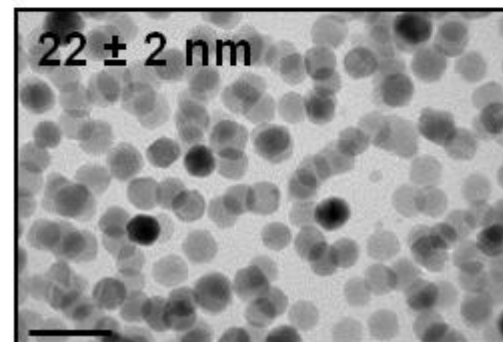
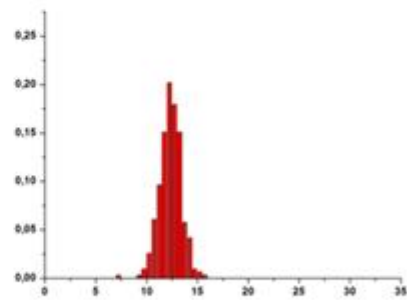
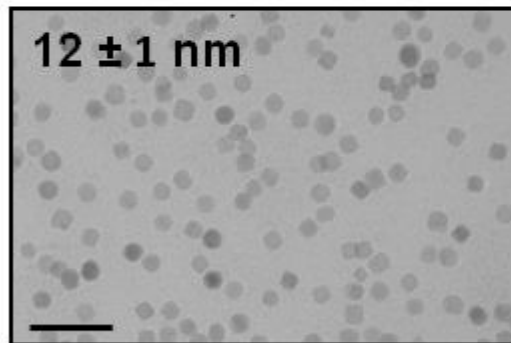
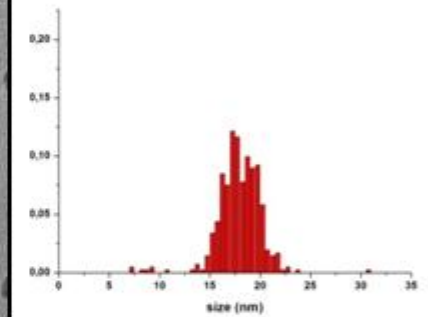
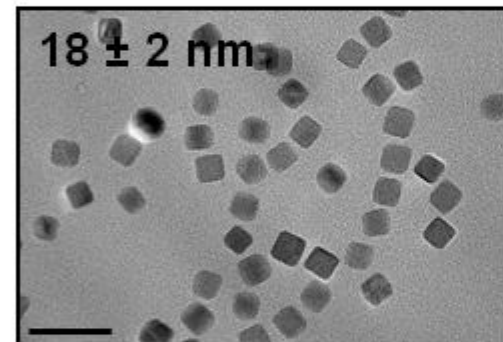
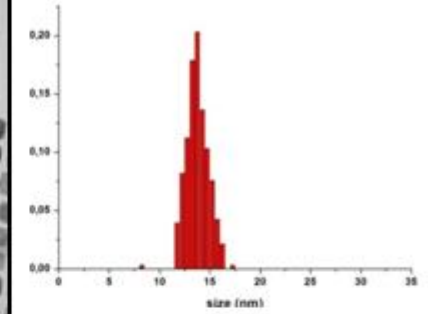
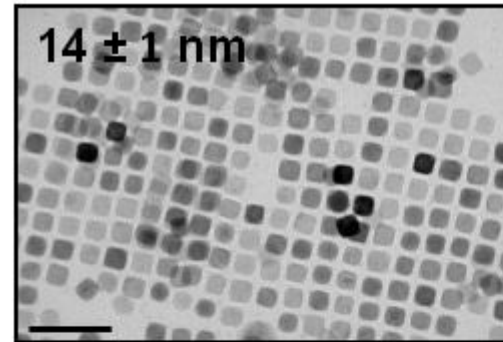
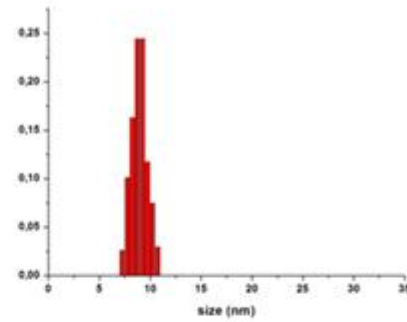
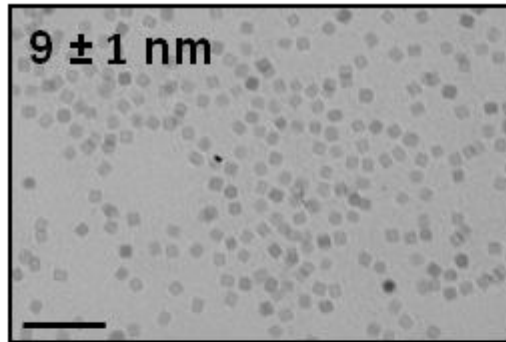
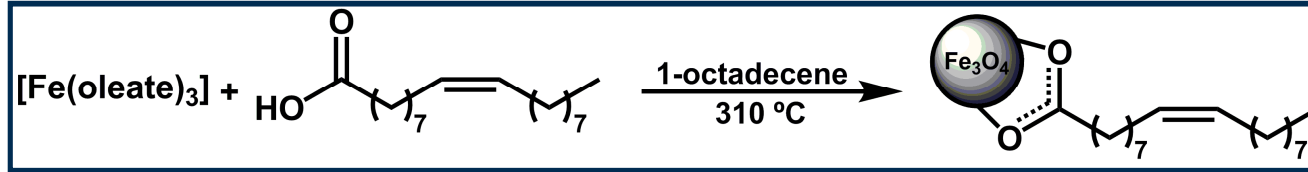
- Liberación controlada y dirigida de fármacos
- Hipertermia

Objetivos:

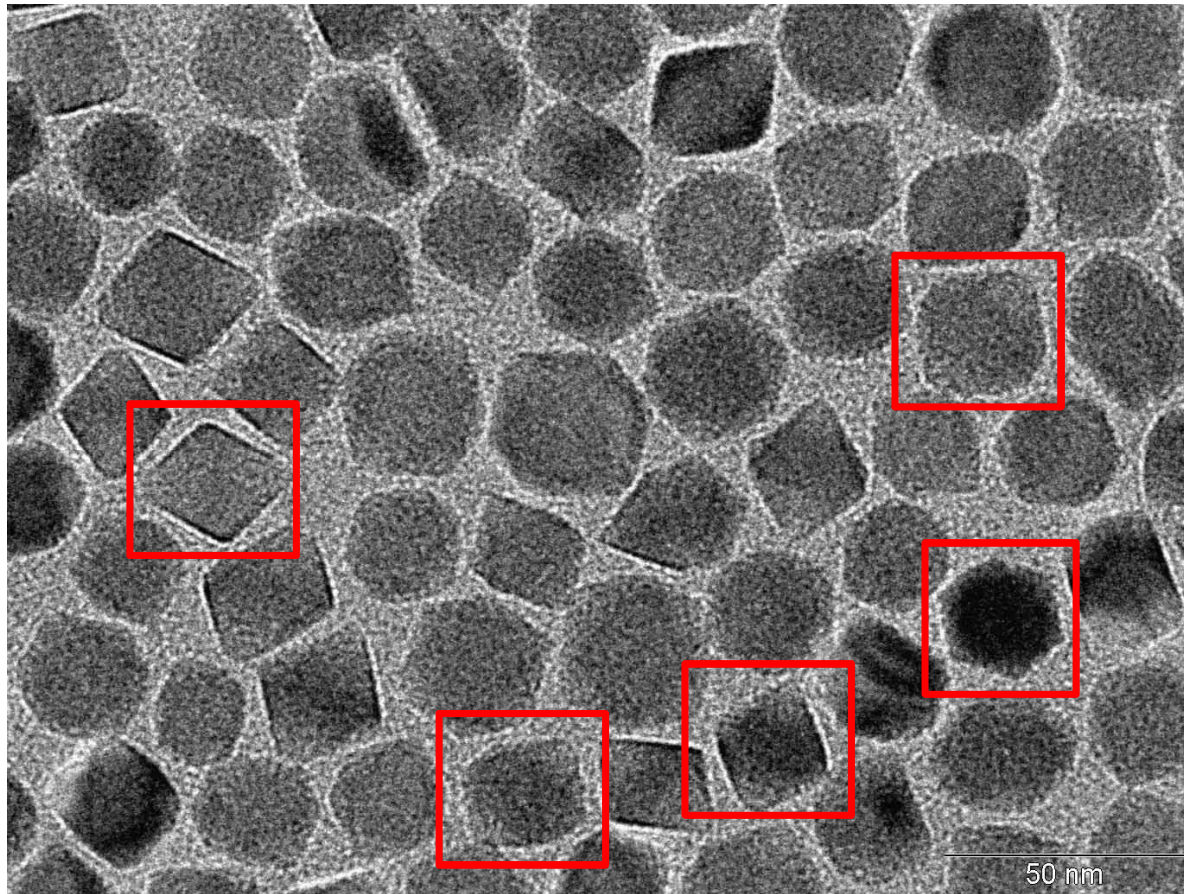
- Mejorar diagnóstico
- Disminuir o eliminar efectos secundarios

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer

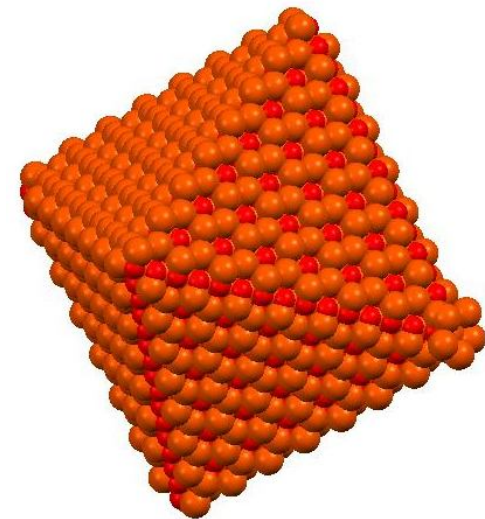
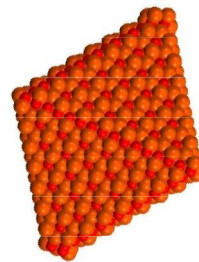
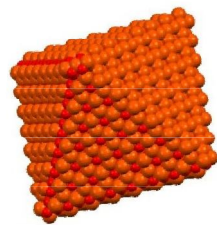
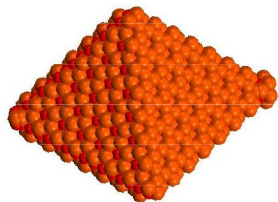
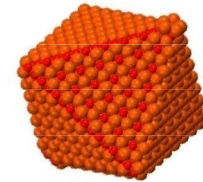
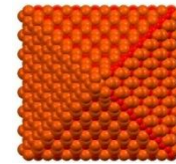




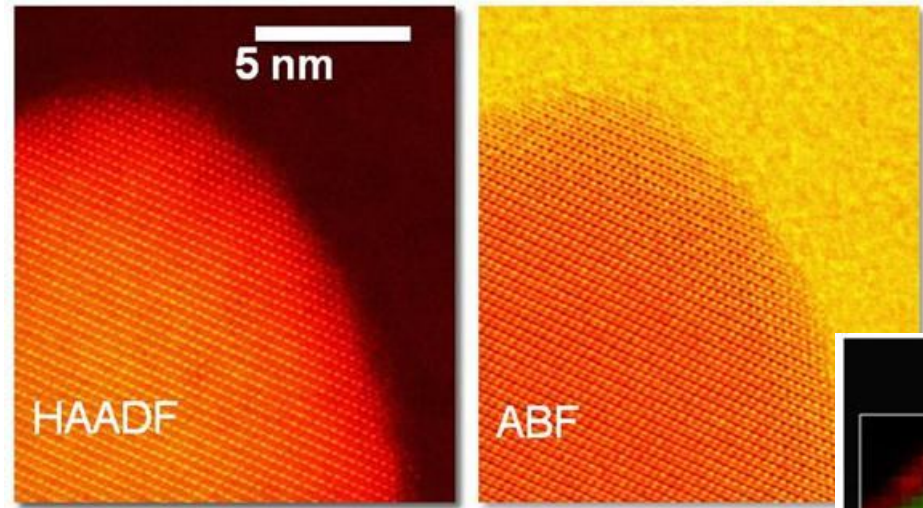
(Barras de escala = 50 nm)



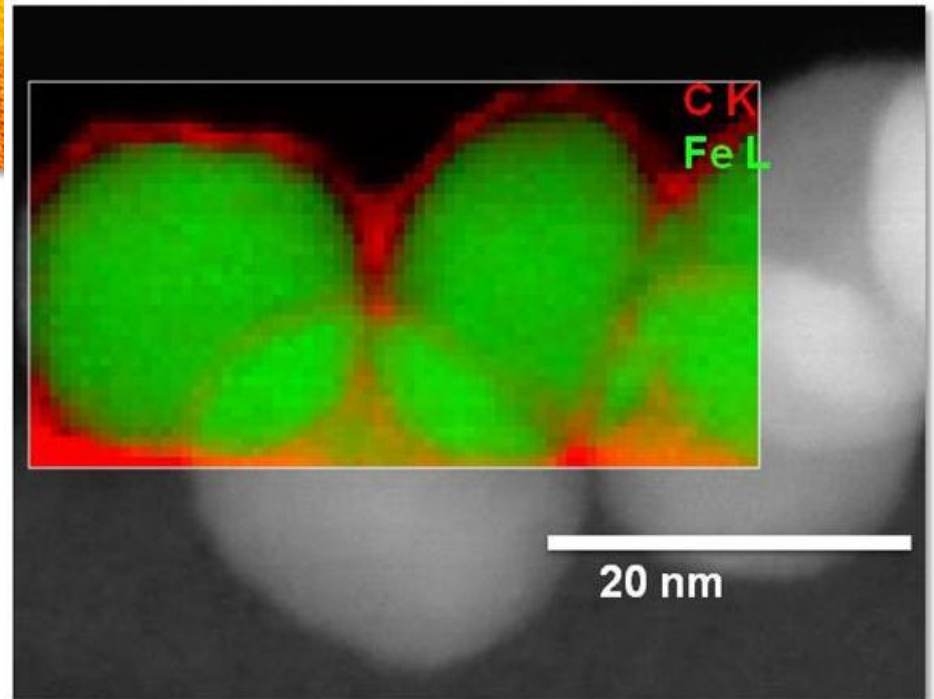
Microscopía electrónica de transmisión – ¡imágenes 2D!



HRTEM: análisis elemental con resolución espacial

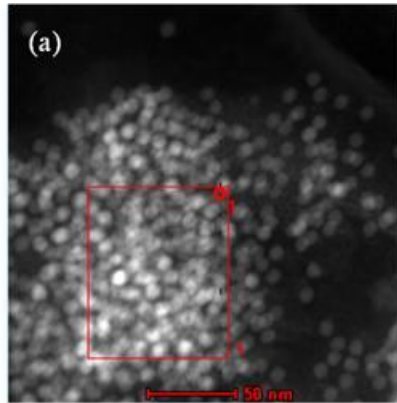


EELS: electron energy loss spectroscopy



HRTEM: análisis elemental con resolución espacial

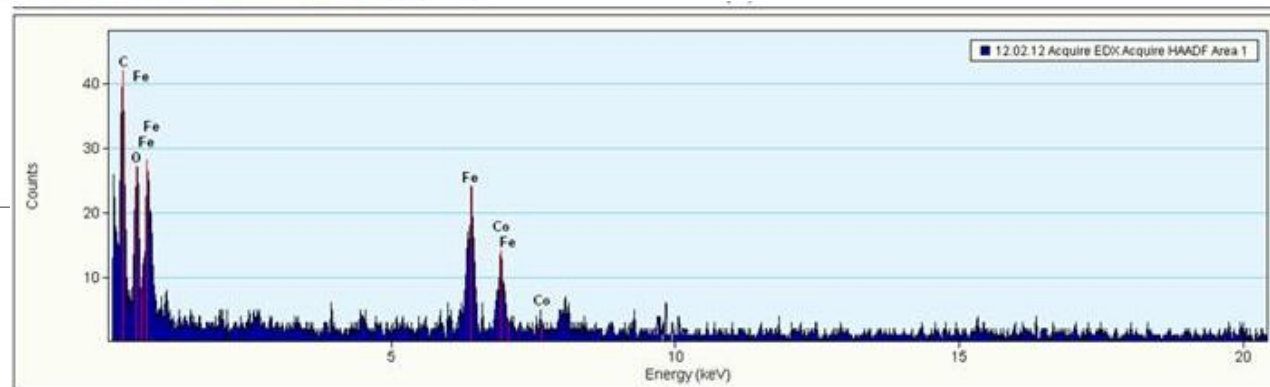
Ejemplo ferrita de cobalto, CoFe_2O_4



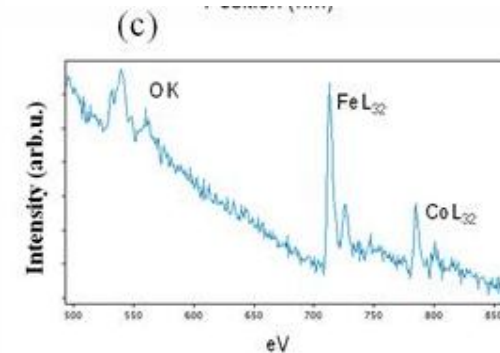
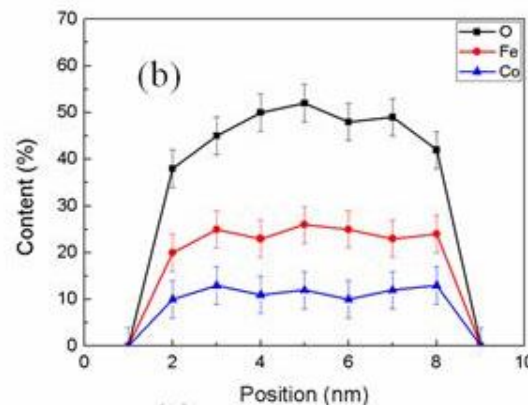
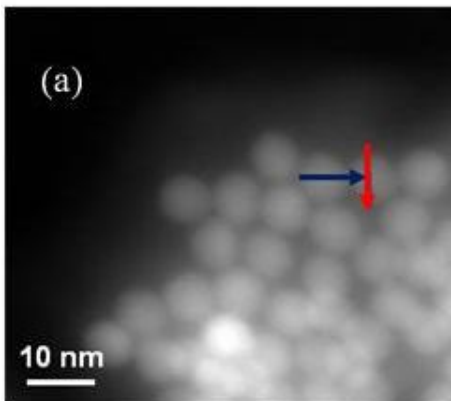
(b)

Element quantification	%
Fe	67(7)
Co	33(4)

EDX: energy dispersive X-ray spectroscopy

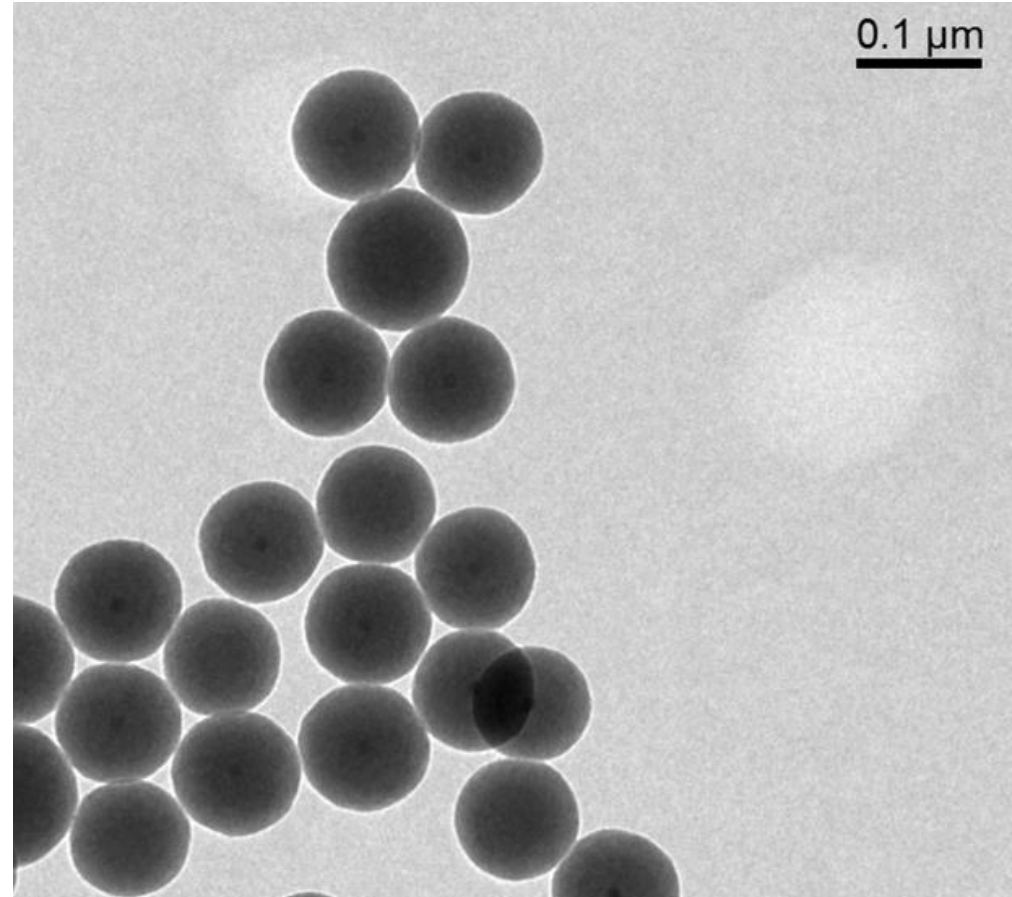
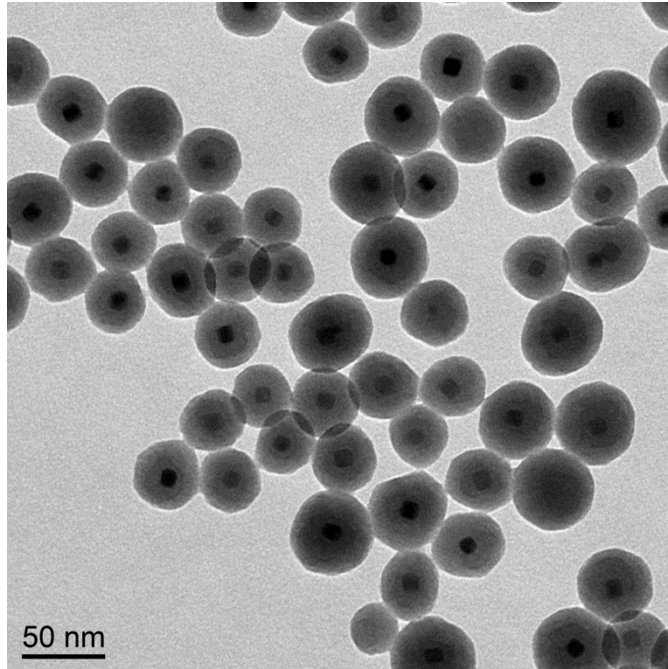


EELS: electron energy loss spectroscopy



a) CoFe_2O_4 nanoparticles vistas en STEM; b) cuantificación elemental a lo largo de la línea roja; c) espectro en línea azul.

Nanopartículas core-shell

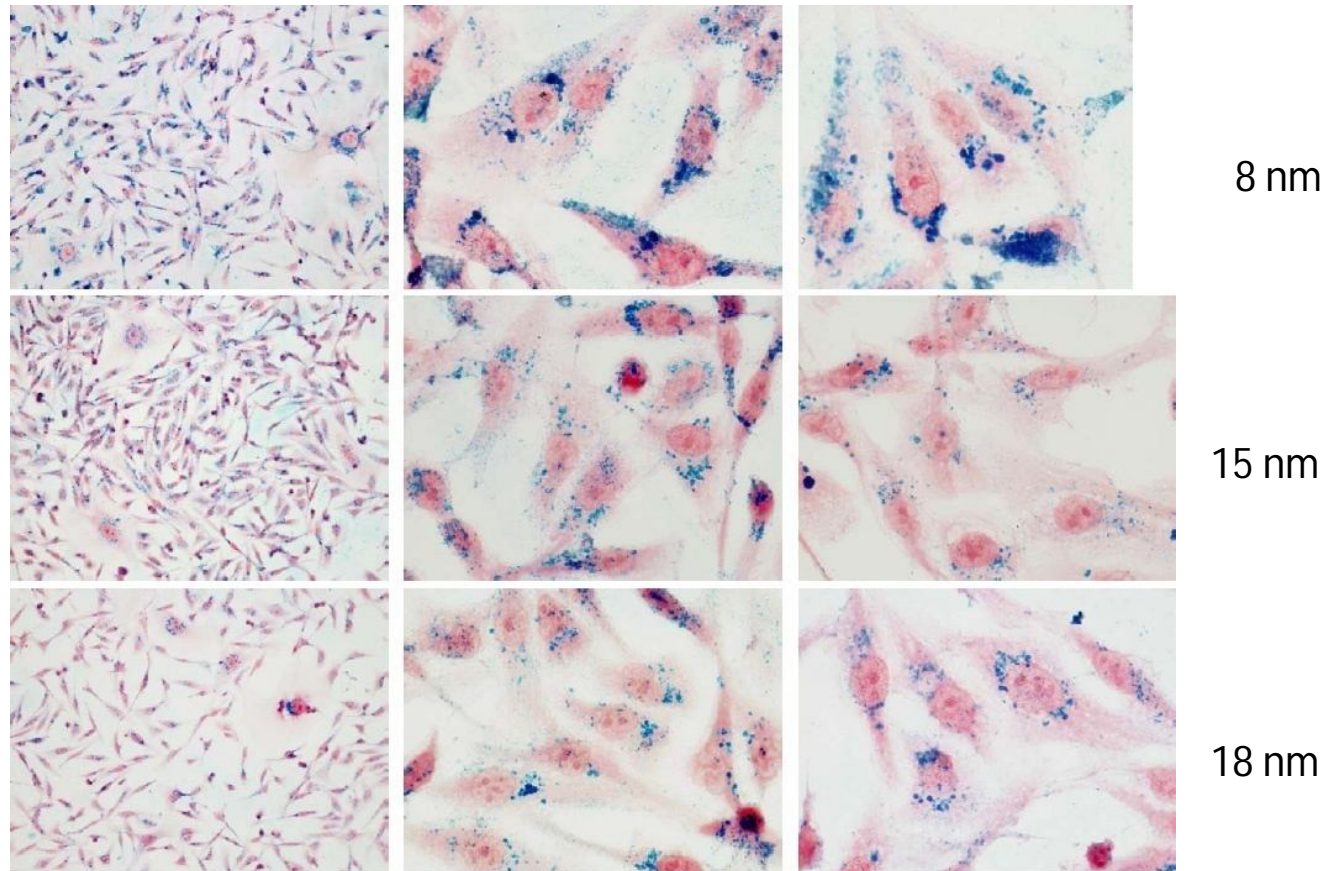


Nanopartículas de magnetita como puntos de nucleación o “semillas” sobre las que depositar y crecer el recubrimiento de sílica

Toxicidad e internalización

- Evaluación de la toxicidad *in vitro* e *in vivo*: **no tóxicas (dependiendo de la concentración)**
- Internalización en células:

Células MDMA-MD-231



Microscopía óptica – nanopartículas teñidas con azul de Prusia

Imágenes cortesía de Prof. Ángeles Villanueva (UAM, IMDEA Nanociencia)

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer

Diagnóstico

(imagen médica)

- Imagen de resonancia magnética nuclear (MRI)
- Imagen de partícula magnética (MPI) - **experimental**

Terapia

- Liberación controlada y dirigida de fármacos
- Hipertermia

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer: MRI.

Diagnóstico

(imagen médica)

- Imagen de resonancia magnética nuclear (MRI)

NPs superparamagnéticas como agentes de contraste T_2 para MRI

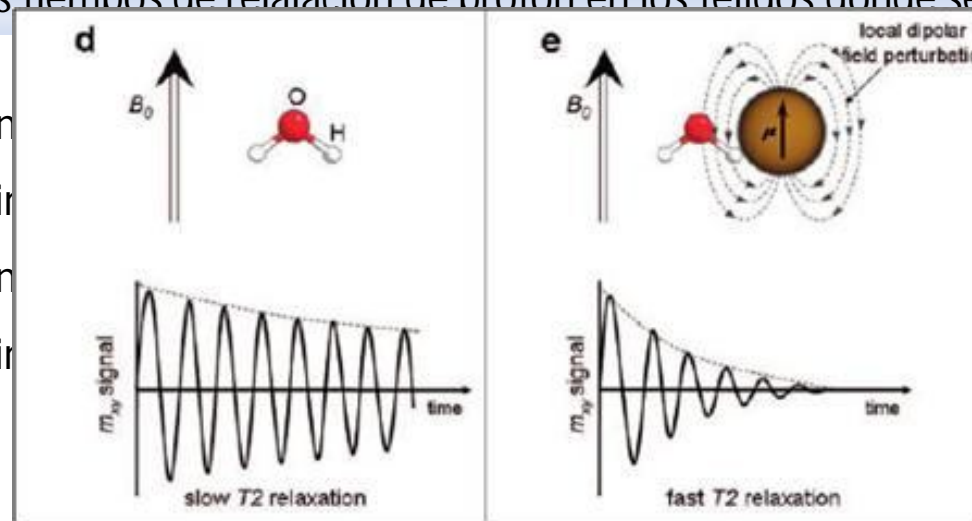
Afectan a los tiempos de relajación de protón en los tejidos donde se encuentran

T_1 : relajación

ir

T_2 : relajación

ir



Relajación más rápida – señal más oscura en MRI

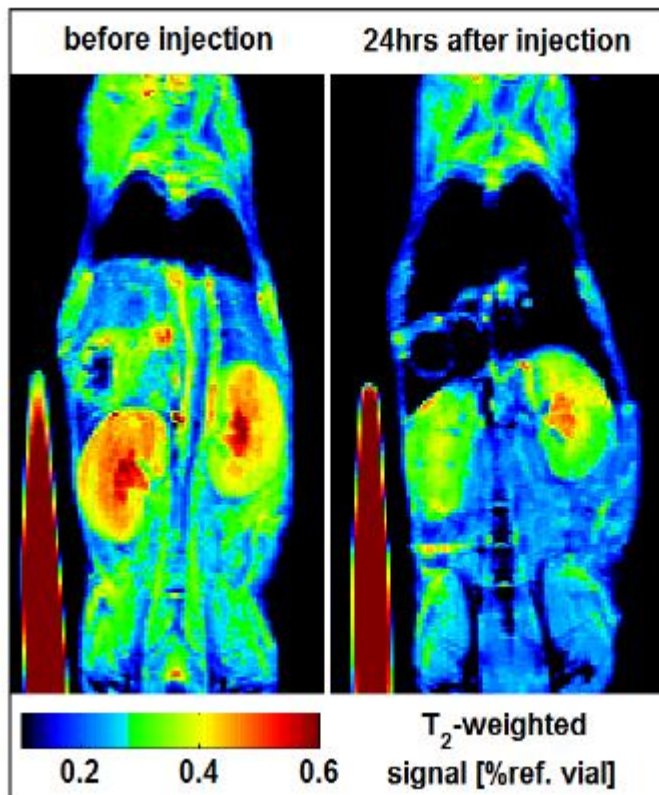
Cheon et al *Acc. Chem. Res.* **2008**, 41, 1630-1640

Comerciales: Feridex[®], Endorem[®], Resovist[®], Lumiren[®], Combidex[®]

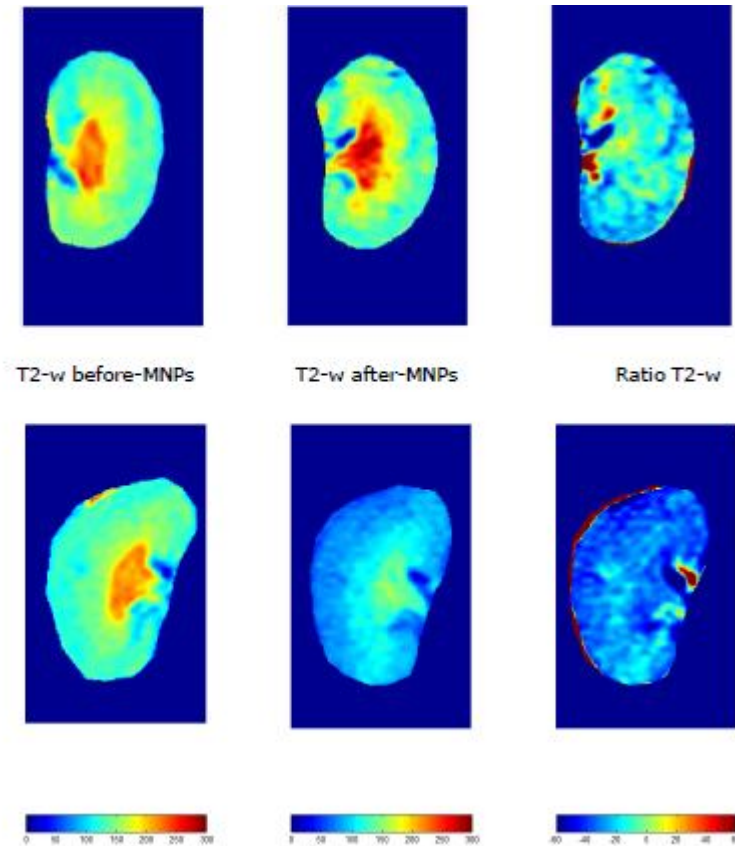
Nanopartículas magnéticas contra el cáncer: MRI.

Diagnóstico
(imagen médica)

- Imagen de resonancia magnética nuclear (MRI)



riñones



imágenes cortesía de Dr. Gobbo, Trinity College Dublin

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer: hipertermia

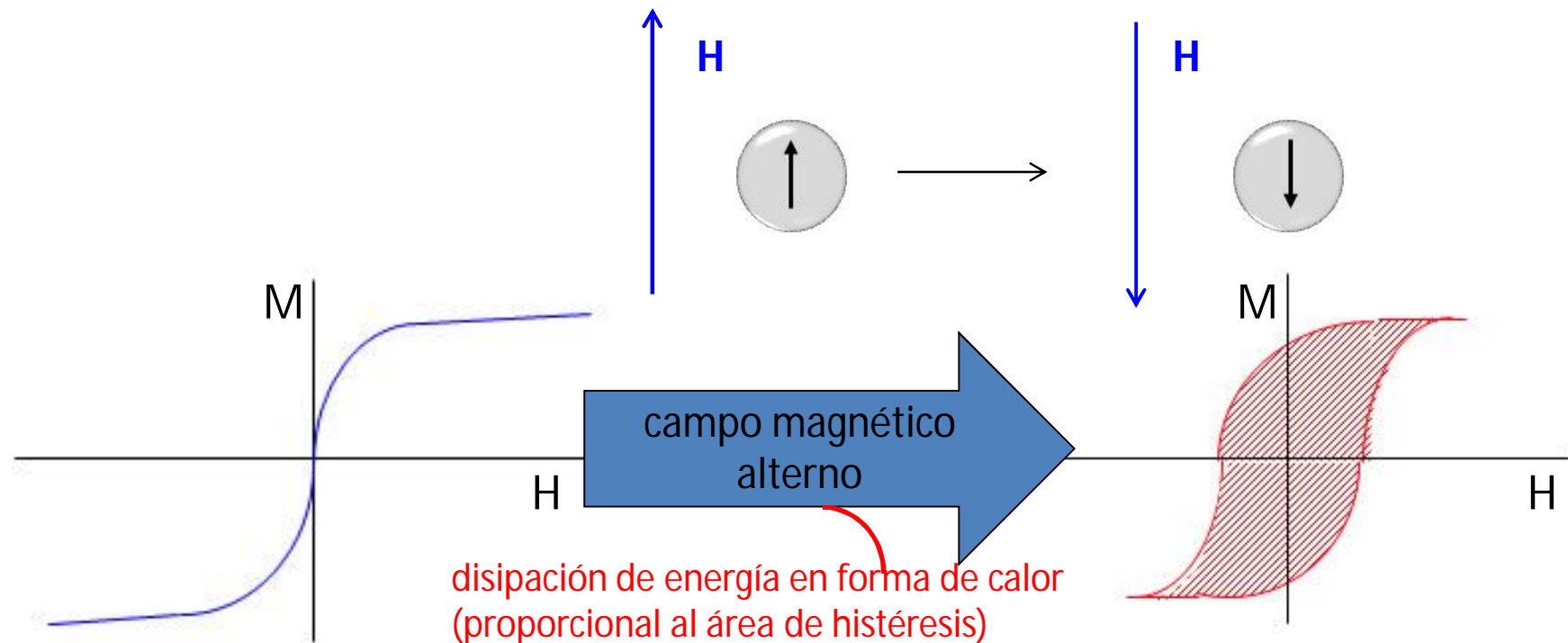
Terapia

- Hipertermia

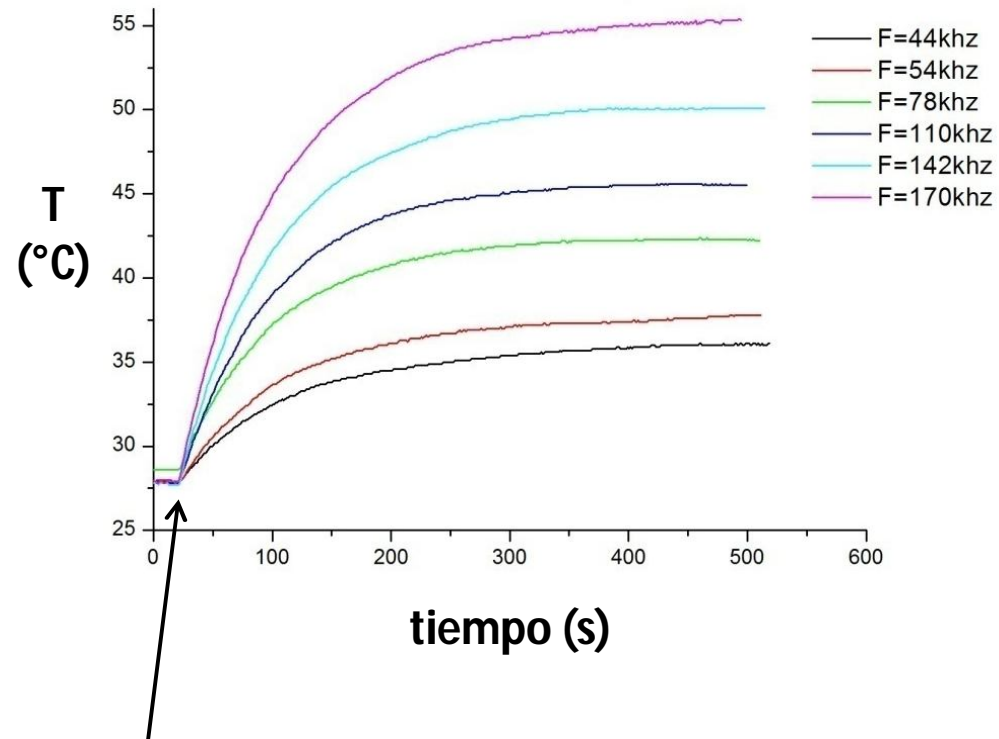
Se **expone el tejido a altas temperaturas (42-43 C)** que pueden dañar y matar células cancerígenas y reducir el tumor.

<http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Therapy/hyperthermia>

Campo magnético alterno (frecuencia del orden de kHz)



Nanopartículas magnéticas contra el cáncer: hipertermia



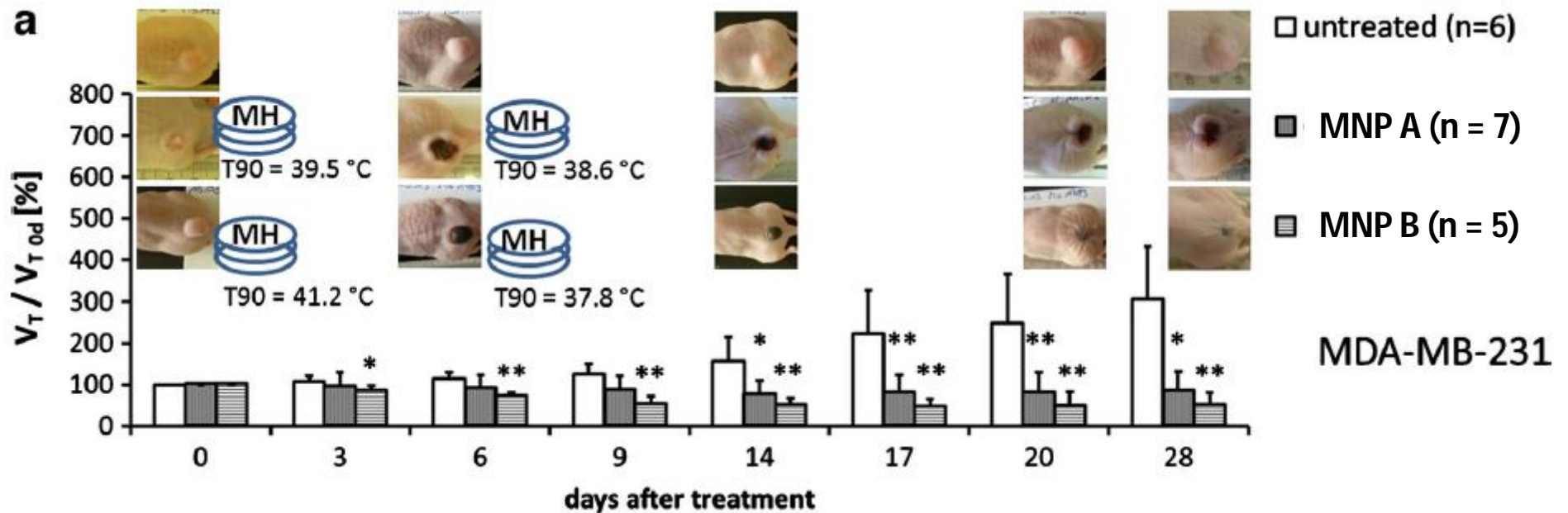
Campo magnético alterno *ON*

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer: hipertermia

Terapia

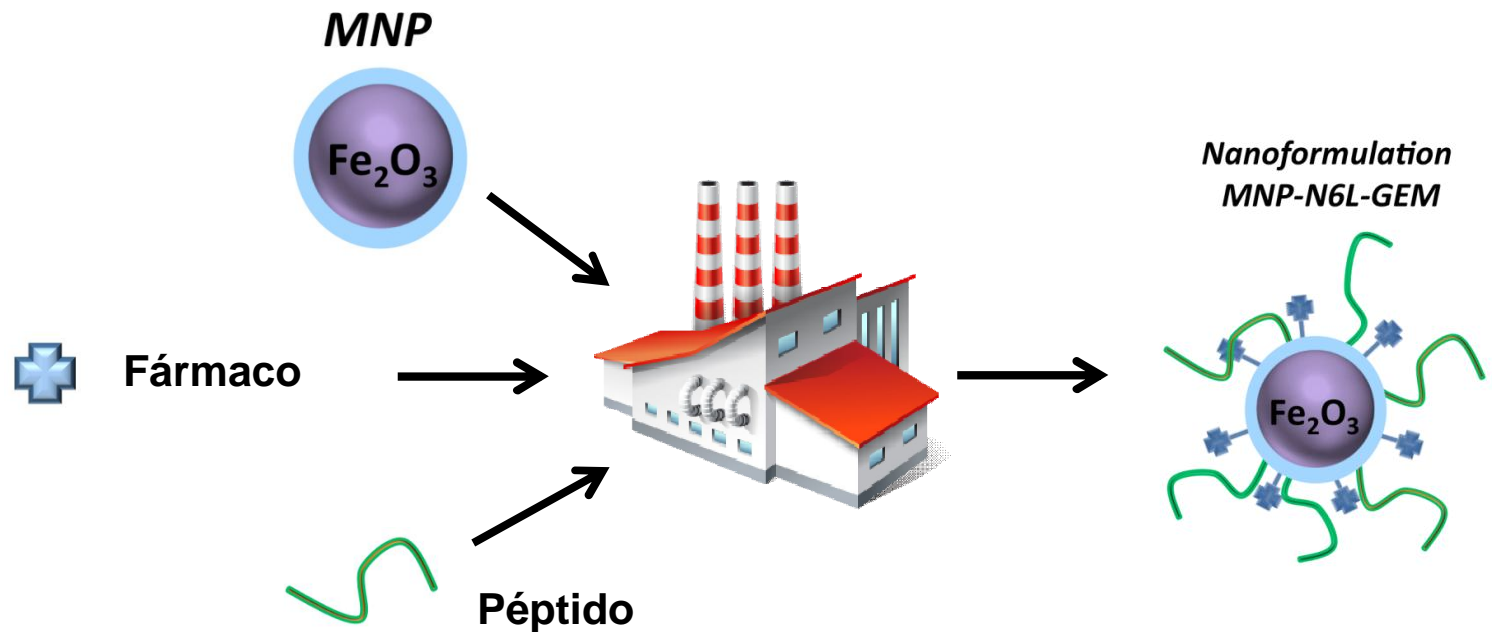
- Hipertermia

Ensayos *in vitro*



Proyecto NoCanTher

Desarrollo de una planta piloto para producir una nanomedicina contra el cáncer de páncreas



Coordinado por IMDEA Nanociencia
Financiado por la CE



Comienza en abril

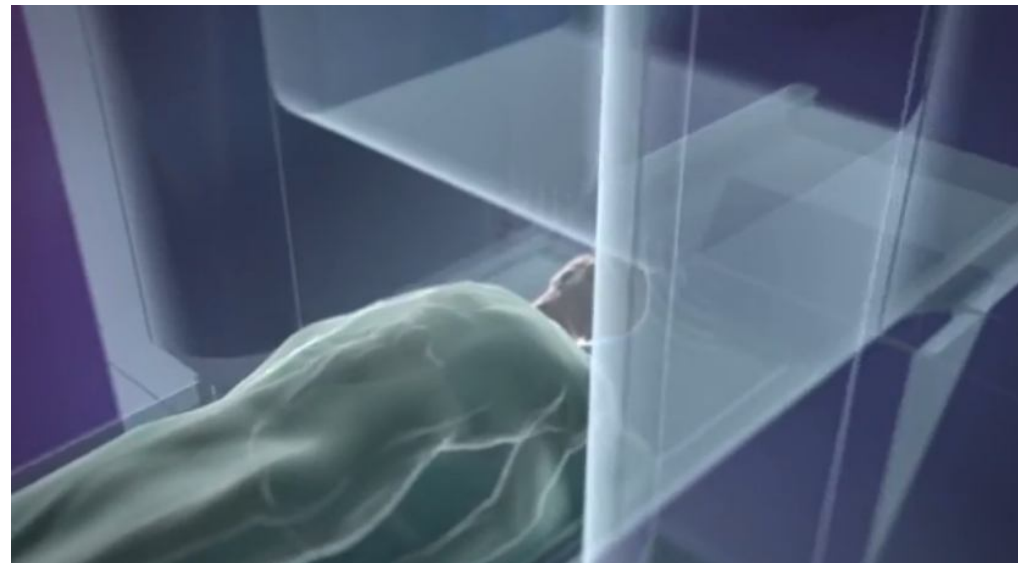
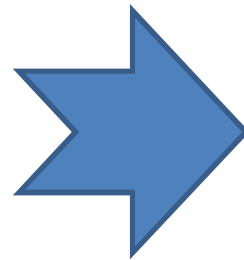
Fase clínica I

Nanopartículas magnéticas contra el cáncer: hipertermia

Terapia

- Hipertermia

MagForce AD – aprobación de la UE para terapia mediante hipertermia de glioblastoma multiforme



Nanopartículas magnéticas contra el cáncer

Name (type)	Application	Administration
<i>In clinical use</i>		
Feridex® IV (ferumoxides; Advanced Magnetic Pharmaceuticals, MA, USA)	MRI of the liver and spleen	iv.
Endorem® (ferumoxides; Advanced Magnetic Pharmaceuticals)	MRI of liver lesions, cardiac infarcts and brain lesions	iv.
Resovist® (ferucarbotran; SPIONs; Bayer Schering Pharma AG, Leverkusen, Germany)	MRI of liver lesions, cardiac infarcts and brain lesions	iv.
Lumiren® (SPIONs; Advanced Magnetic Pharmaceuticals)	MRI of the bowel	iv.
Combidex® (SPIONs; Advanced Magnetic Pharmaceuticals)	MRI of lymph node metastases	iv.
<i>Phase I clinical studies</i>		
Magnetofluid MFL 082AS (SPIONs; Magforce AG, Berlin, Germany)	Hyperthermia treatment of prostate tumors	Transperineally into tumor
NanoTherm® AS1 (magnetic fluid MFL AS1; SPIONs; Magforce AG)	Hyperthermia treatment of glioblastoma multiforme	Instillation into tumor
Ferrofluid epirubicin (Nano-Technologies GBR, Berlin, Germany)	Magnetic targeted delivery of 4'-epidoxorubicin into solid tumors	iv.

iv.: Intravenous; SPION: Superparamagnetic iron oxide nanoparticle.

“Bench-to-bedside translation of magnetic nanoparticles”
Singh et al. *Nanomedicine* **2014**, 9, 501-516



¿Dudas?



La Suma de Todos



Comunidad de Madrid

www.madrid.org



UNIÓN EUROPEA
FONDOS ESTRUCTURALES



gorka.salas@imdea.org