

# VI Curso de Divulgación

## Los Avances de la Química y su Impacto en la Sociedad



### LA NANOCIENCIA EN NUESTRAS VIDAS

Pedro A. Serena

Investigador Científico

Instituto Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Delegado Institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid



## ¿NANO?

0,000000001

$10^{-9}$

# ¿NANO?

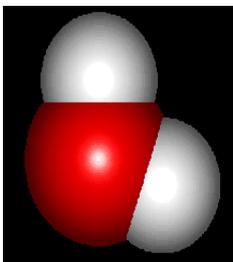
$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 0.000\ 000\ 001 \text{ m}$$

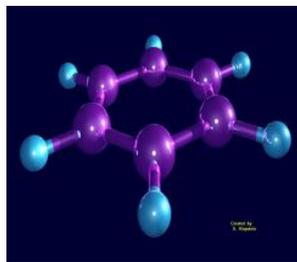
$$1 \text{ nm} = 0.000\ 001 \text{ mm}$$

$$1 \text{ nm} = 0.001 \text{ }\mu\text{m}$$

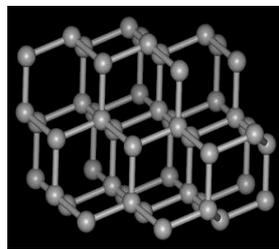
**0.1 nm < NANOMUNDO < 100 nm  
(NANOESCALA)**



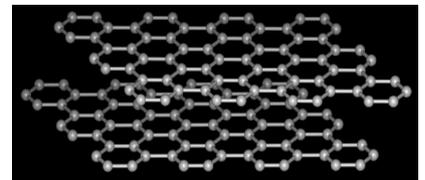
water



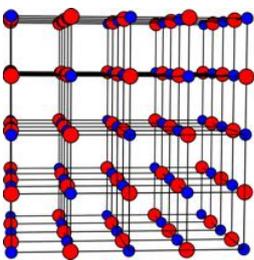
bencene



diamond



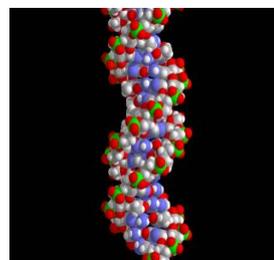
graphite



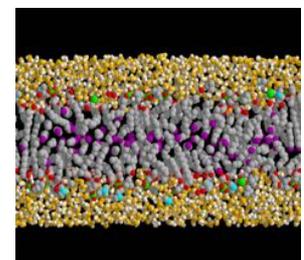
Salt (NaCl)



Vitamine A



DNA



Phospholipidic bilayer



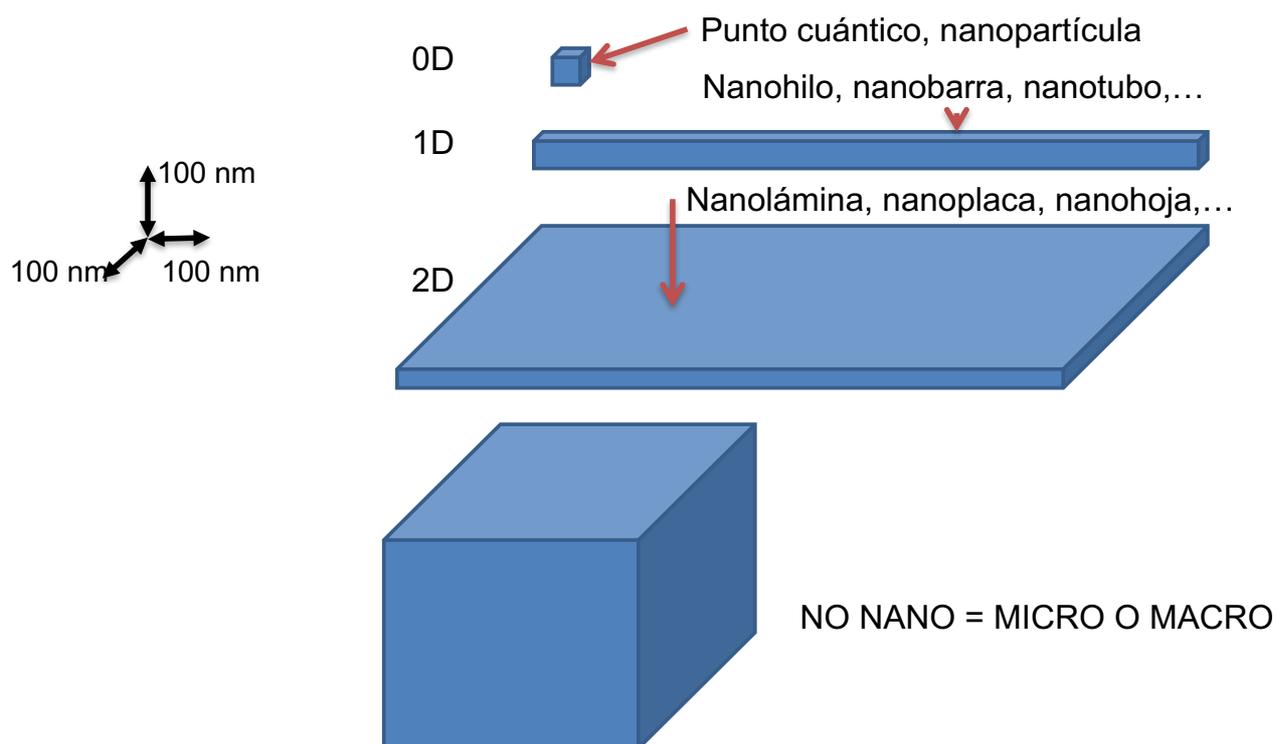
Cafeine



Ibuprofene



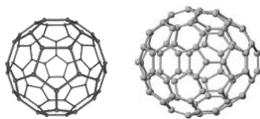
# NANOOBJETOS NANOESTRUCTURAS



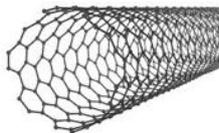
# NANOOBJETOS



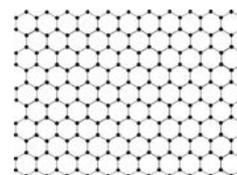
nanopartículas metálicas, semiconductoras,...



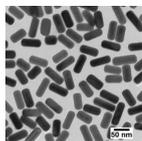
$C_{60}, C_{84}, \dots$



nanotubos de carbono



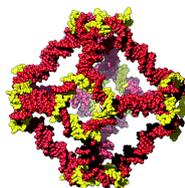
grafeno



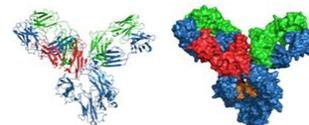
nanobarras,...



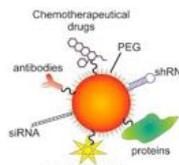
ADN



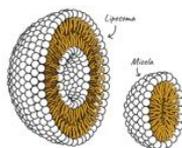
nanocontenedores de ADN



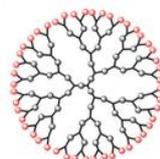
proteínas



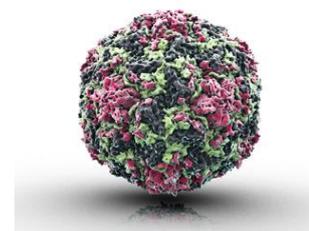
Nanopartículas funcionalizadas



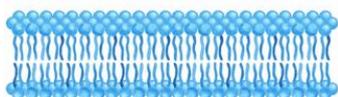
liposomas, micelas



dendrimeros

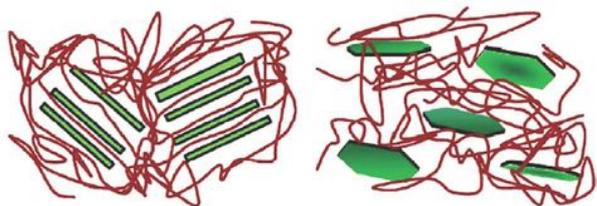


cápsidas virales

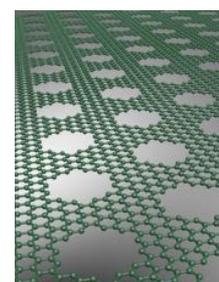
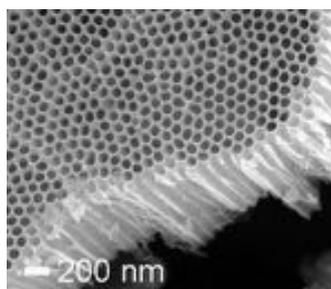


membranas

# NANOMATERIALES (MATERIALES NANOESTRUCTURADOS)

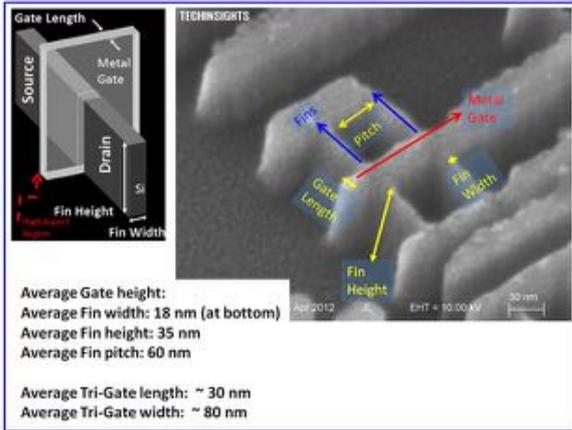


materiales nanocompuestos

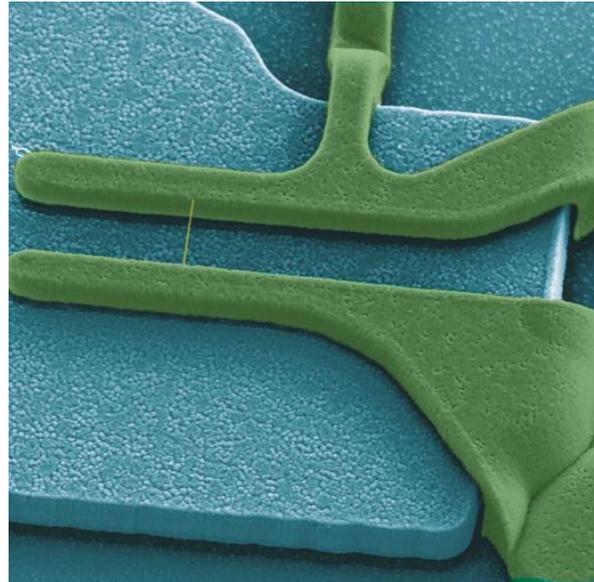


materiales nanoporosos

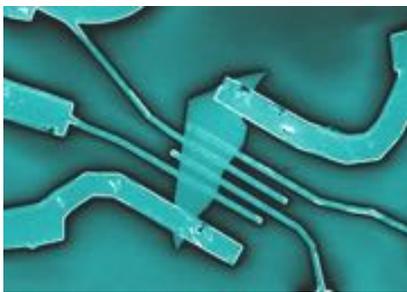
# NANODISPOSITIVOS



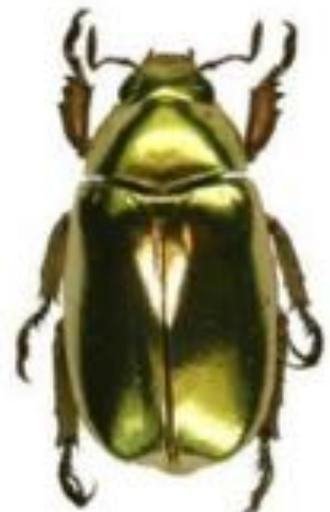
Transistores de silicio de 30 nm, 22 nm, ...

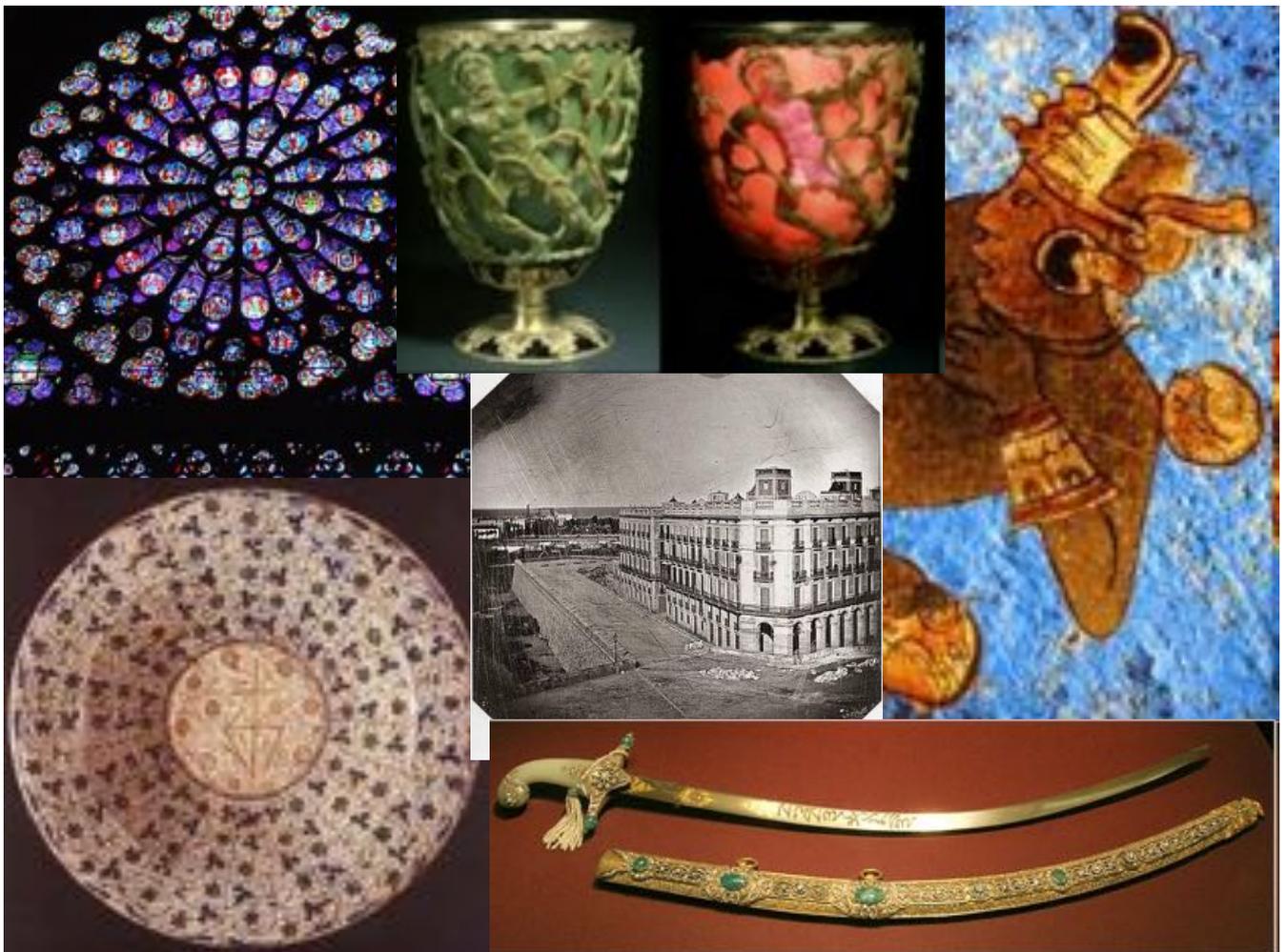


Transistor efecto campo de nanotubos de carbono

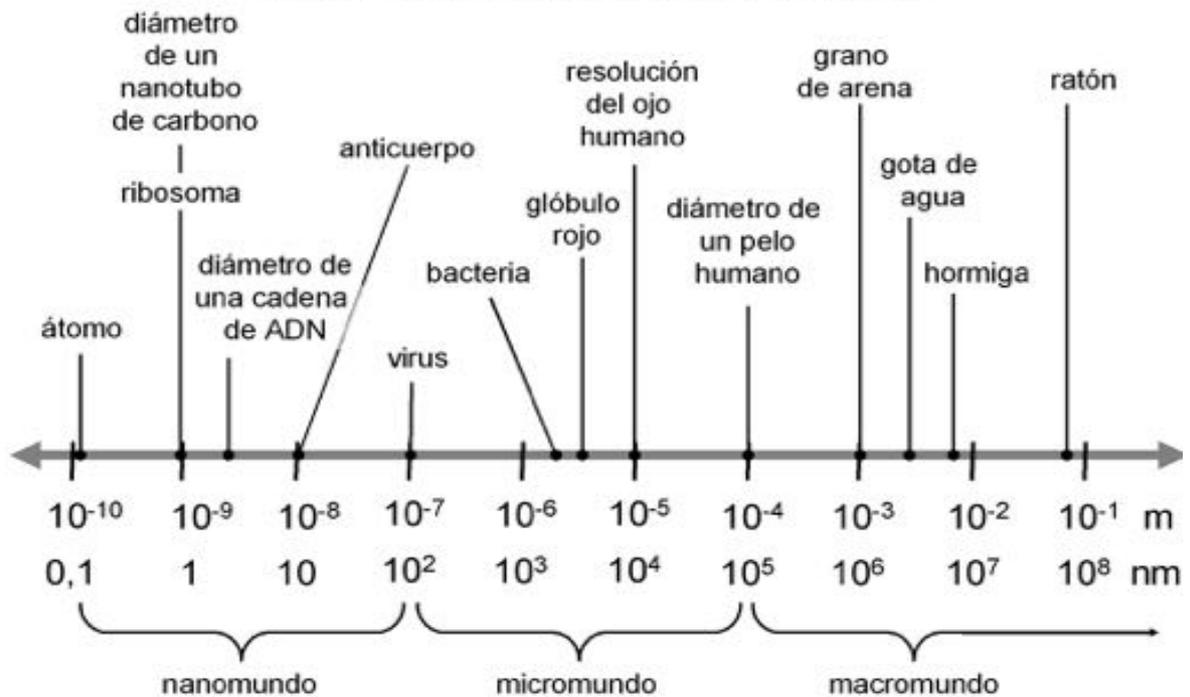


Transistor de efecto campo de grafeno





### DEL NANOMUNDO AL MACROMUNDO



**SIGLO XXI**

**SIGLO XX**

**< SIGLO XIX**

# NANOCIENCIA: UN ASUNTO QUE VIENE DE LEJOS



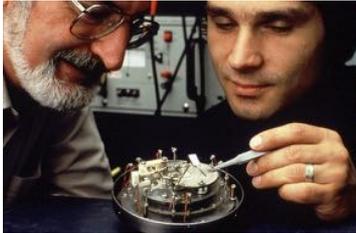
Richard P.  
Feynman



Norio Taniguchi



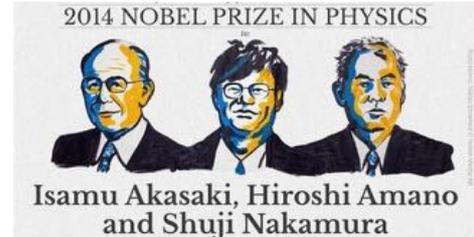
Robert Curl, Harold Kroto and Richard  
Smalley



H. Rohrer y G. Binnig



Sumio Iijima



Isamu Akasaki, Hiroshi Amano  
and Shuji Nakamura

Andre Geim & Konstantin  
Novoselov



2016 NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY  
Jean-Pierre Sauvage  
Sir J. Fraser Stoddart  
Bernard L. Feringa

## ¿QUÉ ES LA NANOCIENCIA?

EL **CONTROL** A ESCALA ATÓMICA Y MOLECULAR (**NANOESCALA**) DE LA FORMA, TAMAÑO, COMPOSICIÓN Y POSICIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE **NANOOBJETOS** MEDIANTE DIFERENTES TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN, SÍNTESIS, PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN, CON EL FIN DE **CONOCER SUS PROPIEDADES** Y CÓMO ESTOS NANOOBJETOS INTERACCIONAN ENTRE SÍ.

**NANOCIENCIA ES FASCINACIÓN POR ENTENDER CÓMO SON Y COMO FUNCIONAN LAS COSAS AHÍ ABAJO**

# ¿POR QUÉ “NANO”?

+ PEQUEÑO = + **SUPERFICIE RELATIVA**

+ PEQUEÑO = + **REACTIVIDAD**

+ PEQUEÑO = + **PODER DE PENETRACIÓN**

+ PEQUEÑO = + **RÁPIDEZ**

+ PEQUEÑO = + **ALMACENAMIENTO**

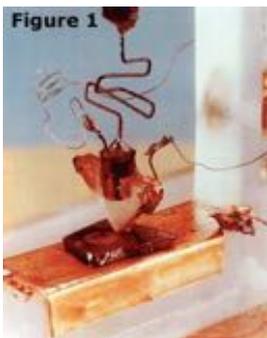
+ PEQUEÑO =

+ **ENTENDEMOS LO “BIO”**

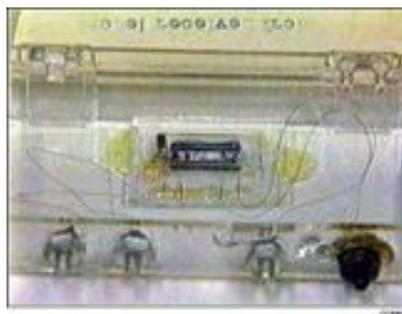
+ PEQUEÑO =

+ **EFFECTOS CUÁNTICOS**

+PEQUEÑO = +RÁPIDO



1948:  
Brattain, Bardeen,  
Schockley -  
Transistor Effect  
(PN 1956)

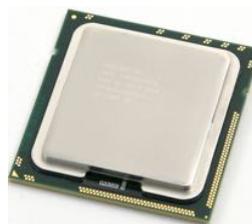


1959: Integrated Circuit -  
Texas Instruments (J.S.  
Kilby, PN 2000).

1960's:  
Single  
transistors



1968: MBE (Molecular Beam  
Epitaxy) (A.Y. Cho y J. Arthur).

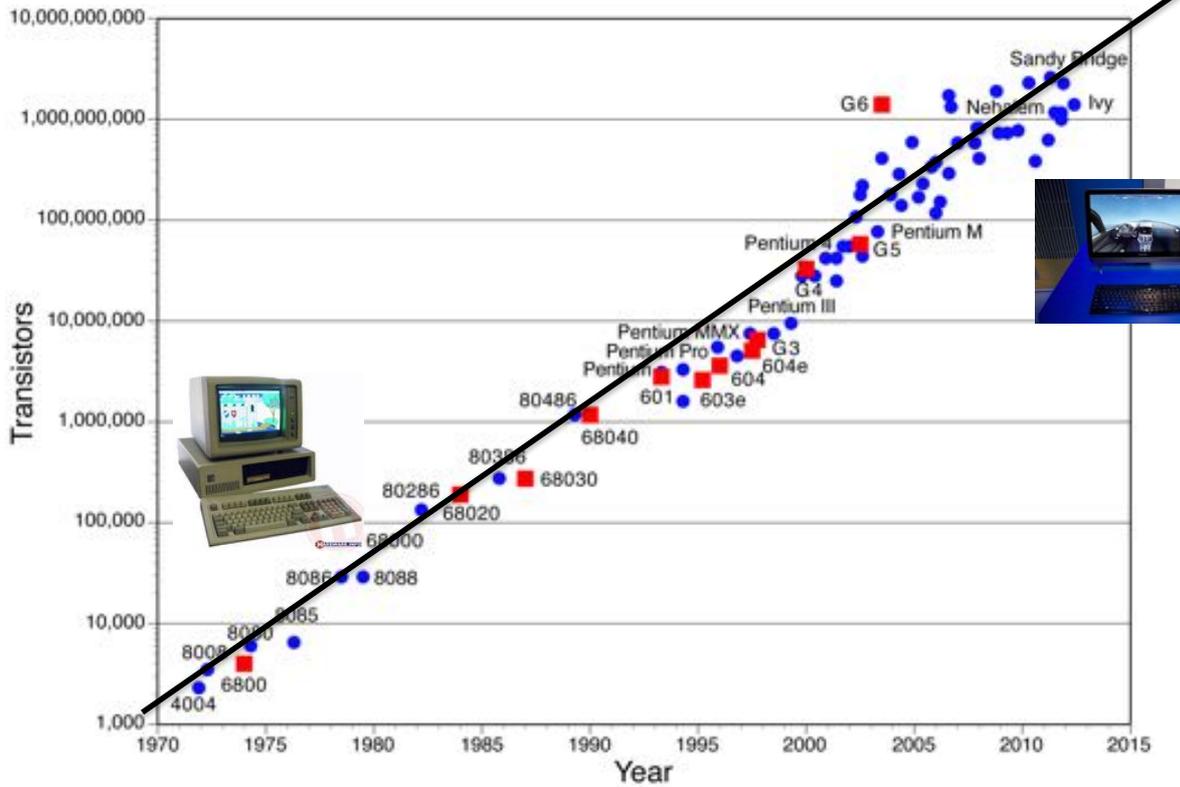


2009:  
Intel Xeon Nehalem  
W5580  
751.000.000  
transistors  
263 mm<sup>2</sup>  
4 cores  
3.2 GHz, 130 W  
50 GigaFLOPS

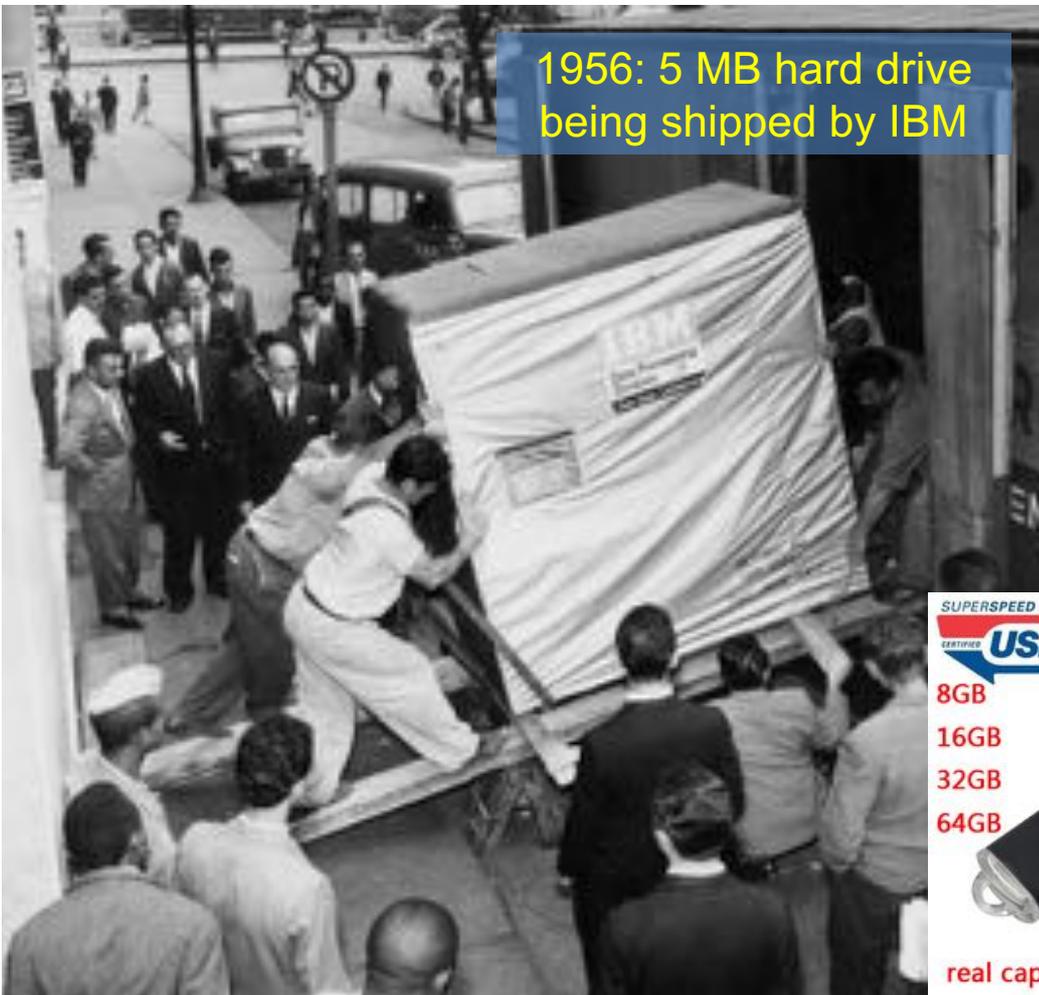


2015:  
IBM Z13  
3.900.000.000  
transistors  
678 mm<sup>2</sup>  
22 nm CMOS  
5.2 GHz

+PEQUEÑO = +RÁPIDO



<http://www.overclock.net/t/1542835/pc-world-intel-moores-law-will-continue-through-7nm-chips/30>



1956: 5 MB hard drive being shipped by IBM

2017:  
¡1-2 TByte  
pendrive!

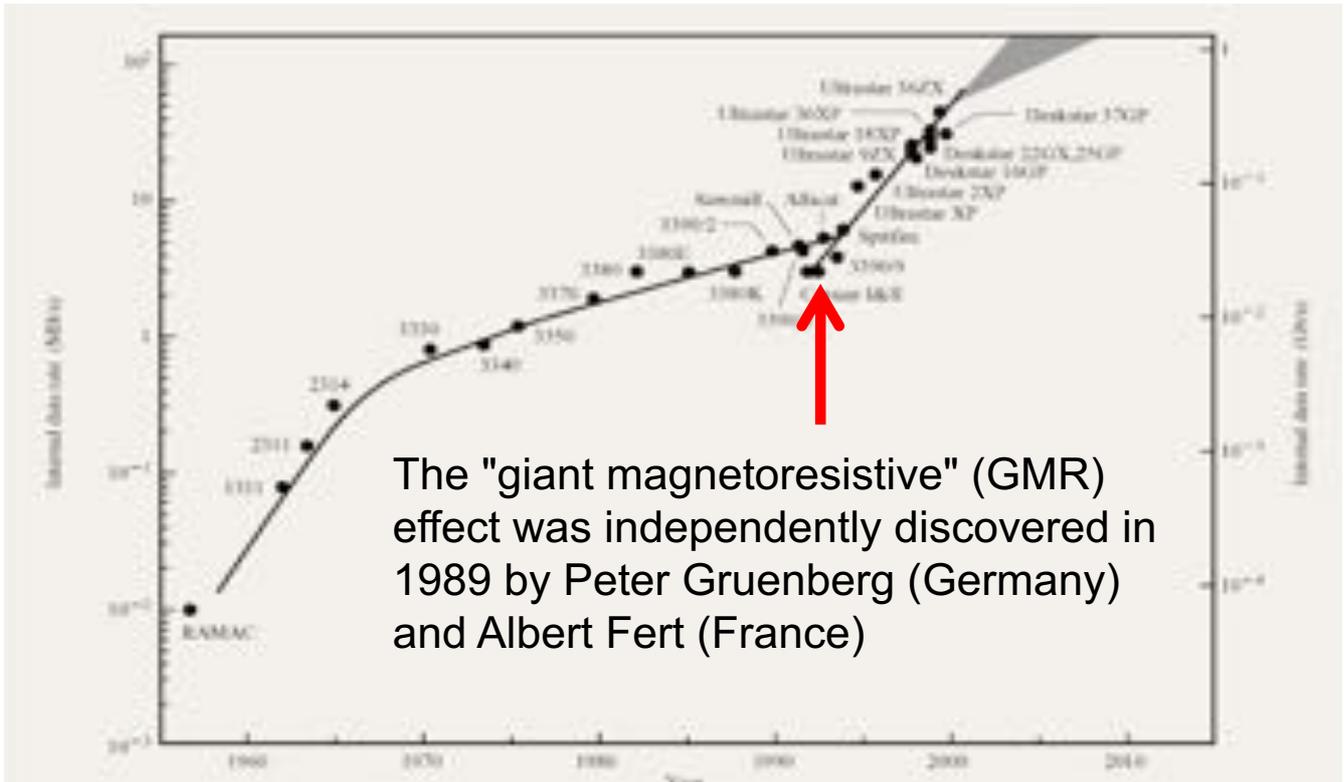


**USB 3.0**

- 8GB
- 16GB
- 32GB
- 64GB
- 128GB
- 256GB
- 512GB
- 1TB

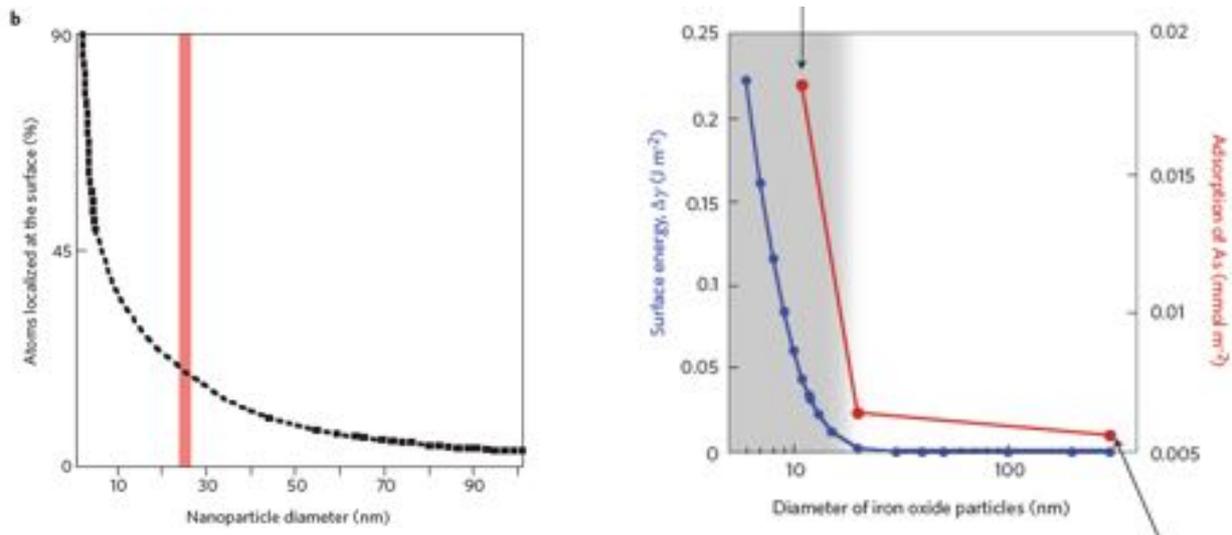
real capacity+ 1 year warranty

## +PEQUEÑO = + ALMACENAMIENTO



(“The future of magnetic data storage technology”, D. A. Thompson and J. S. Best. IBM. J. Res. Dev. 44, 311 (1999))

## EFFECTOS DE TAMAÑO



### Size dependence of the mechanisms of arsenic adsorption at the surface of iron oxide particles.

Mélanie Auffan et al., Nature Nanotechnology 4, 634 - 641 (2009) “Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective”

# EFFECTOS DE TAMAÑO

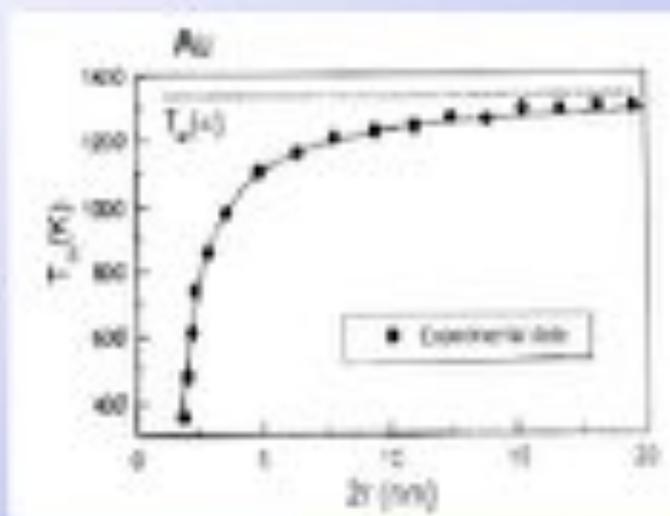
## Size-Dependent Melting Point of Nanoparticles



Liquid shell  
Solid core

$$\frac{T_s - T_m}{T_m} = \frac{2}{L\rho_s R_s} \left[ \gamma_s - \gamma_l \left( \frac{\rho_s}{\rho_l} \right)^{1/3} \right]$$

Small particle size (in nanometers) significantly reduces the melting temperature of NPs from the bulk melting point, allowing for very low processing temperatures (based on surface melting) for sintering NPs into conducting films.



Au

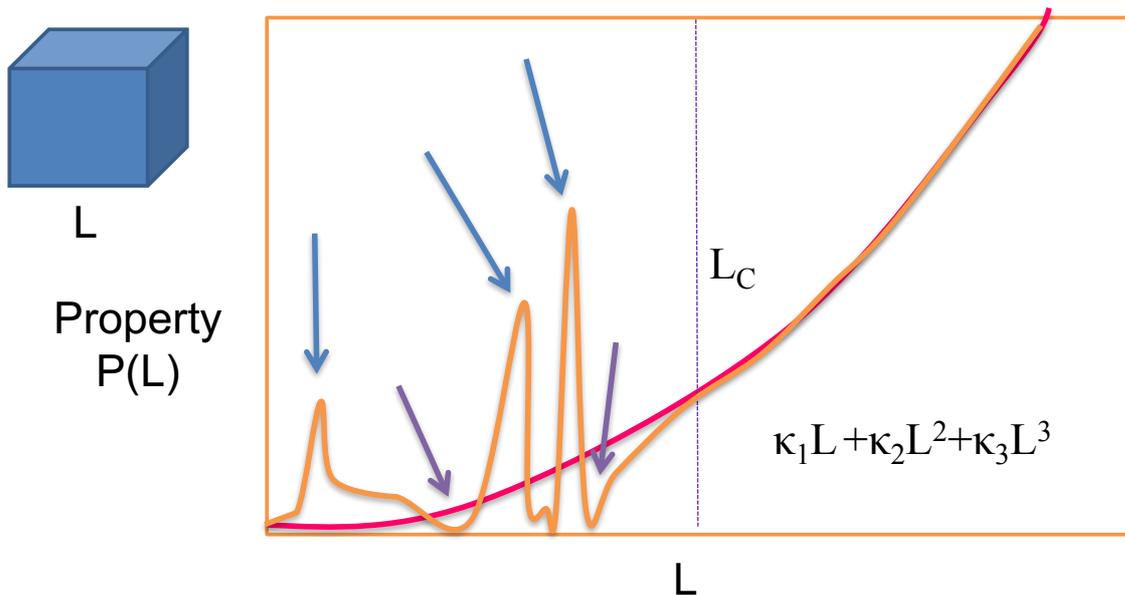
$T_m(K)$

$2r (nm)$

● Experimental data

Ph. Duttal and J-P. Borel, Phys. Rev. A, 13, 1976, 2267

## NANOOBJETOS: EFFECTOS CLÁSICOS Y CUÁNTICOS DE TAMAÑO



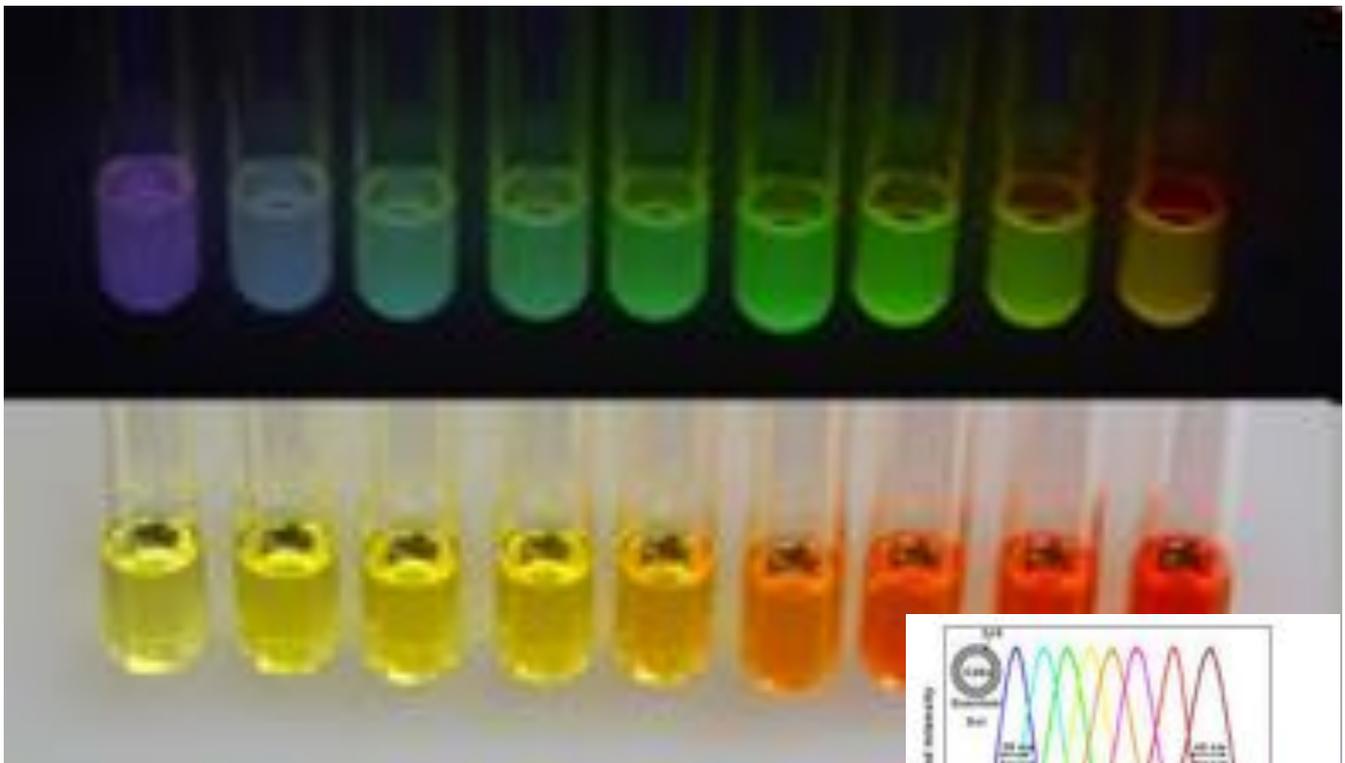
$L > L_c$  CLASSICAL BEHAVIOR

$L < L_c$  QUANTUM MECHANICS EFFECTS

# LONGITUDES CARACTERÍSTICAS

Field	Property	Scale length
Electronics	Electronic wavelength	10-100 nm
	Inelastic mean free path	1-100 nm
	Tunneling	1-10 nm
Magnetics	Domain wall	10-100 nm
	Spin-flip scattering length	1-100 nm
Optics	Quantum well	1-100 nm
	Evanescent wave decay length	10-100 nm
	Metallic skin depth	10-100 nm
Superconductivity	Cooper pair coherence length	0,1-100 nm
	Meissner penetration depth	1-100 nm
Mechanics	Dislocation interaction	1-1000 nm
	Grain boundaries	1-10 nm
	Crack tip radii	1-100 nm
	Nucleation/growth defect	0,1-10 nm
	Surface corrugation	1-10 nm
Catalysis	Surface topology	1-10 nm
Supramolecules	Kuhn length	1-100 nm
	Secondary structure	1-10 nm
	Tertiary structure	10-1000 nm
Immunology	Molecular recognition	1-10 nm

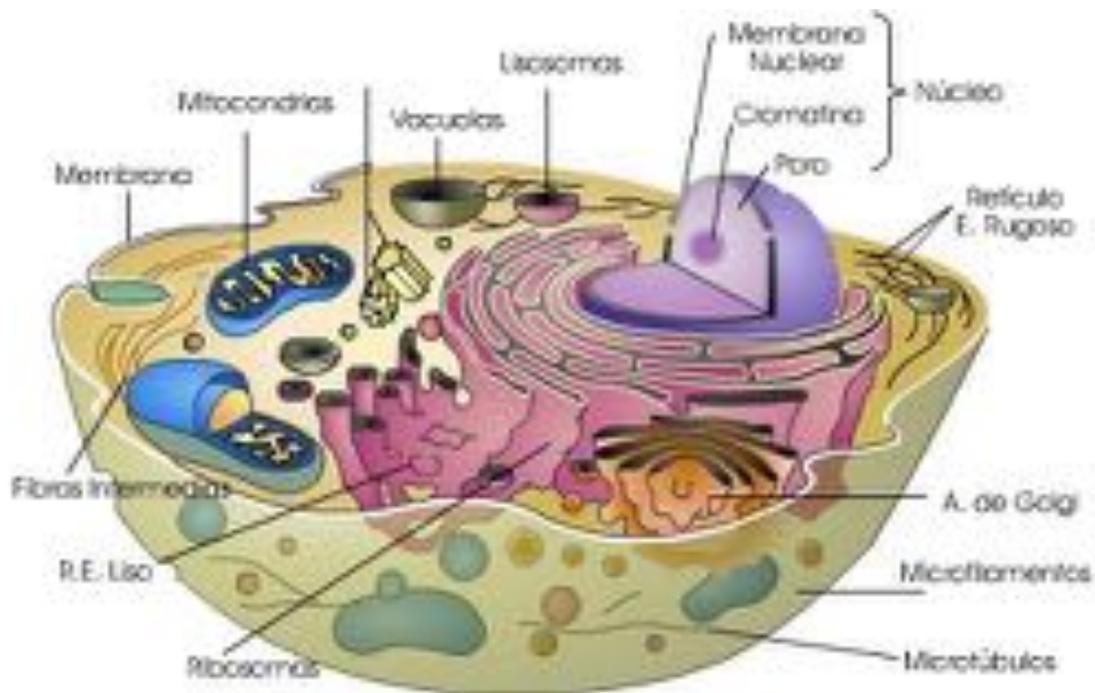
“Nanomaterials – the driving force”, Michael J. Pitkethly, Nano Today “ Dec. 2004, 20



CdSe NPs



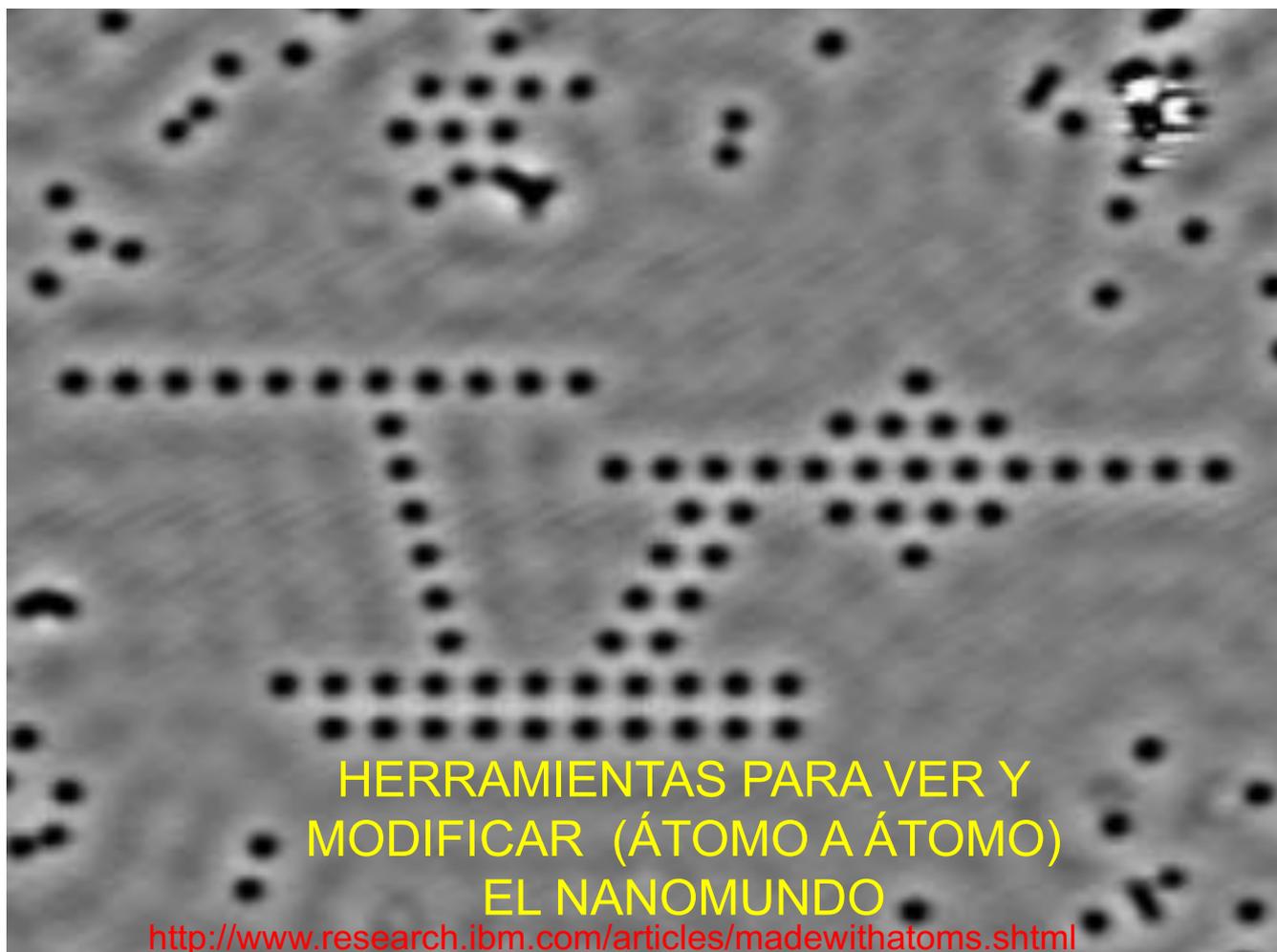
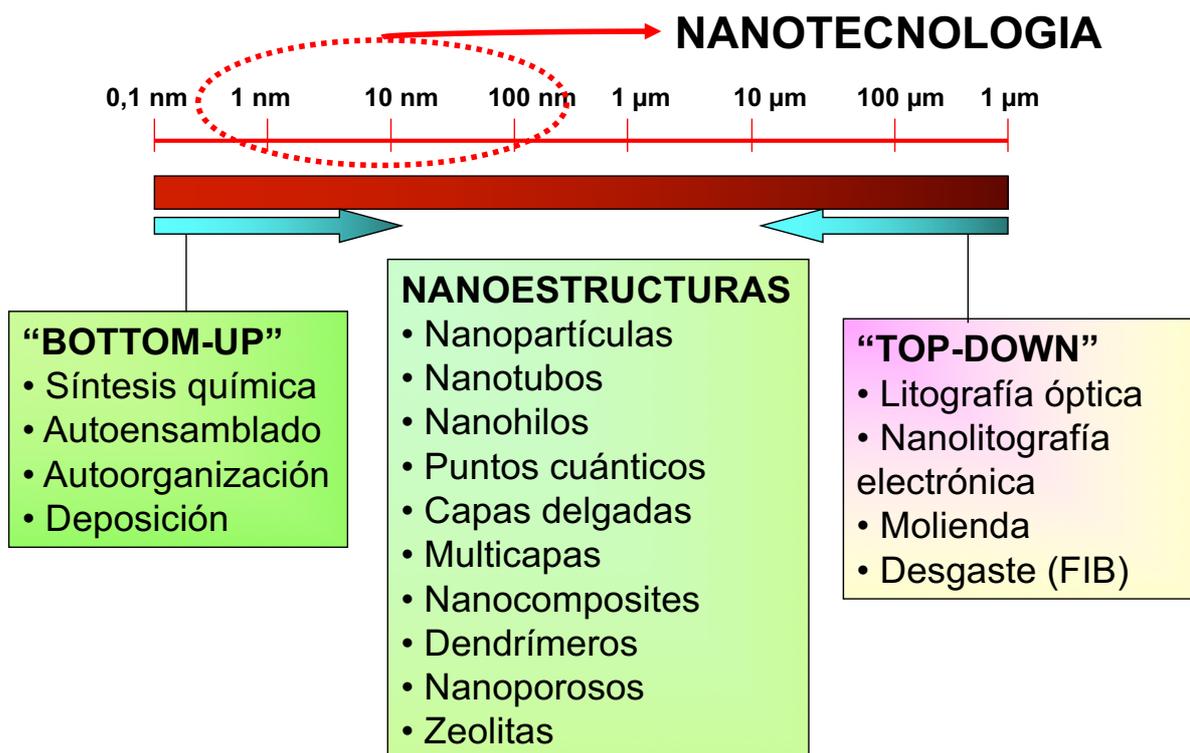
# NANOMÁQUINAS EN UNA MICROFÁBRICA



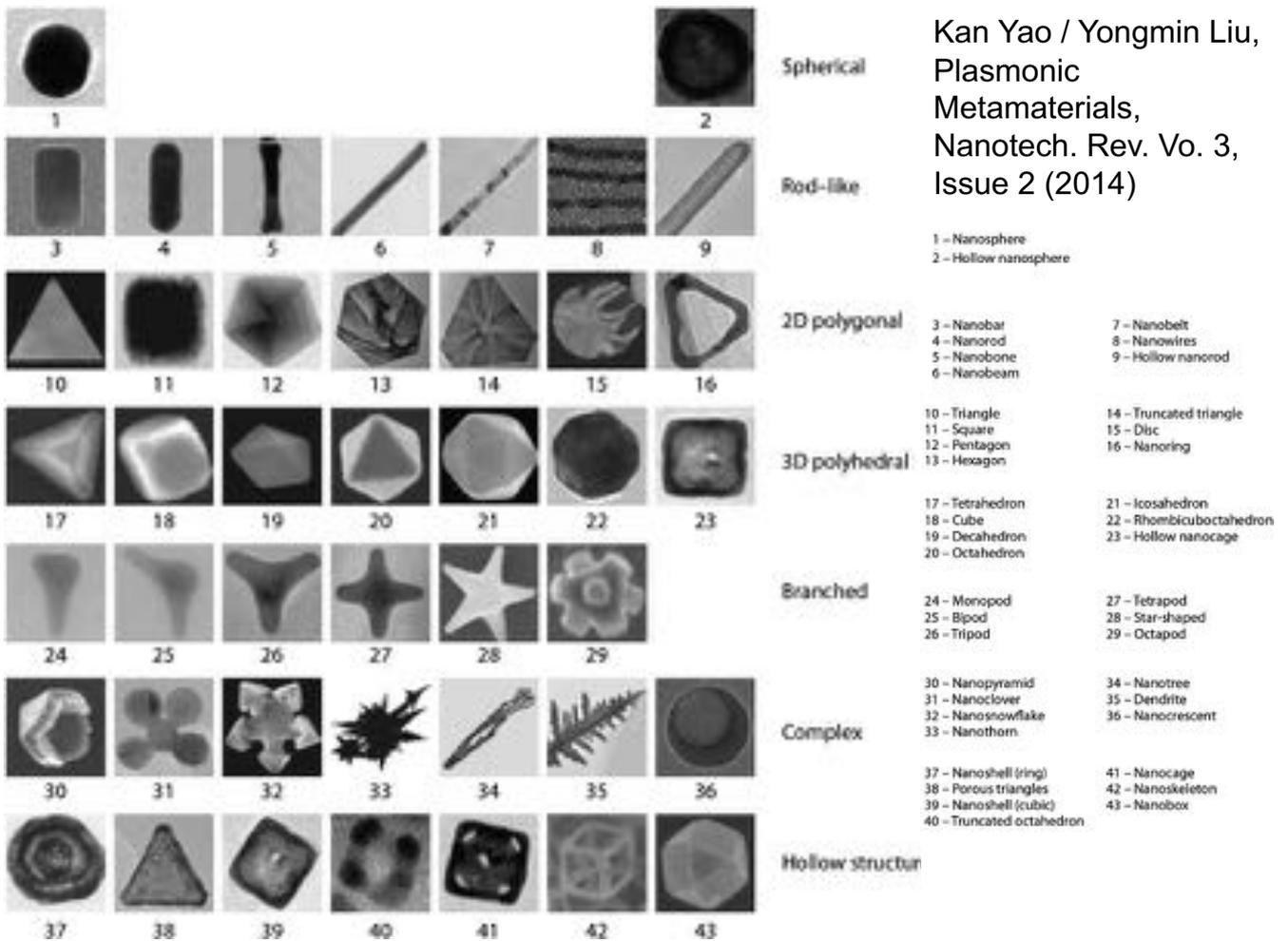
¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

EL **CONTROL** A ESCALA ATÓMICA Y MOLECULAR (**NANOESCALA**) DE LA FORMA, TAMAÑO, COMPOSICIÓN Y POSICIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE **NANOOBJETOS** MEDIANTE DIFERENTES TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN, SÍNTESIS, PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN, Y LA FORMA DE INTEGRARLOS EN ESTRUCTURAS DE MAYOR TAMAÑO CON EL FIN DE **APROVECHAR LAS PROPIEDADES** DE NUEVOS MATERIALES Y DISPOSITIVOS... QUE PERMITAN LA FABRICACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS Y PRODUCTOS A **GRAN ESCALA, DE FORMA ECONÓMICA Y SOSTENIBLE**

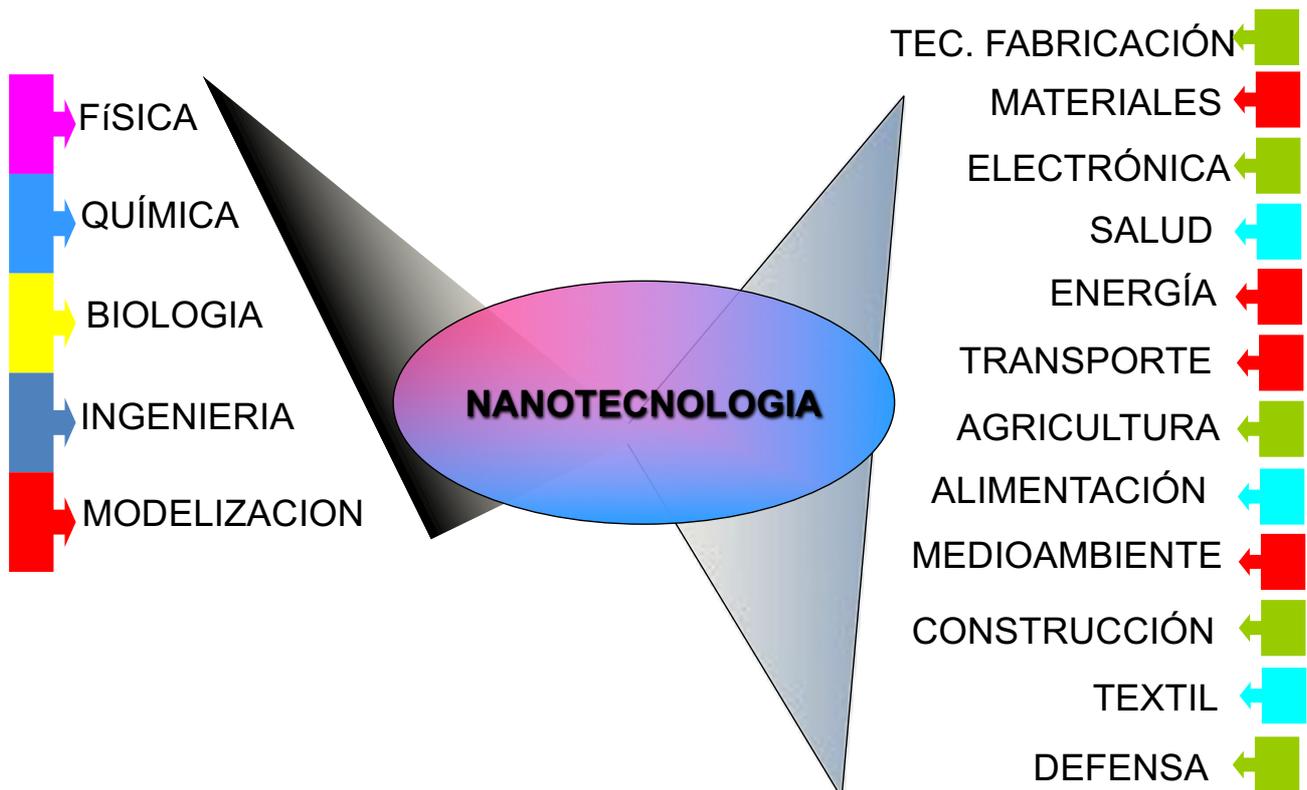
# DOS CAMINOS HACIA LO "NANO"...

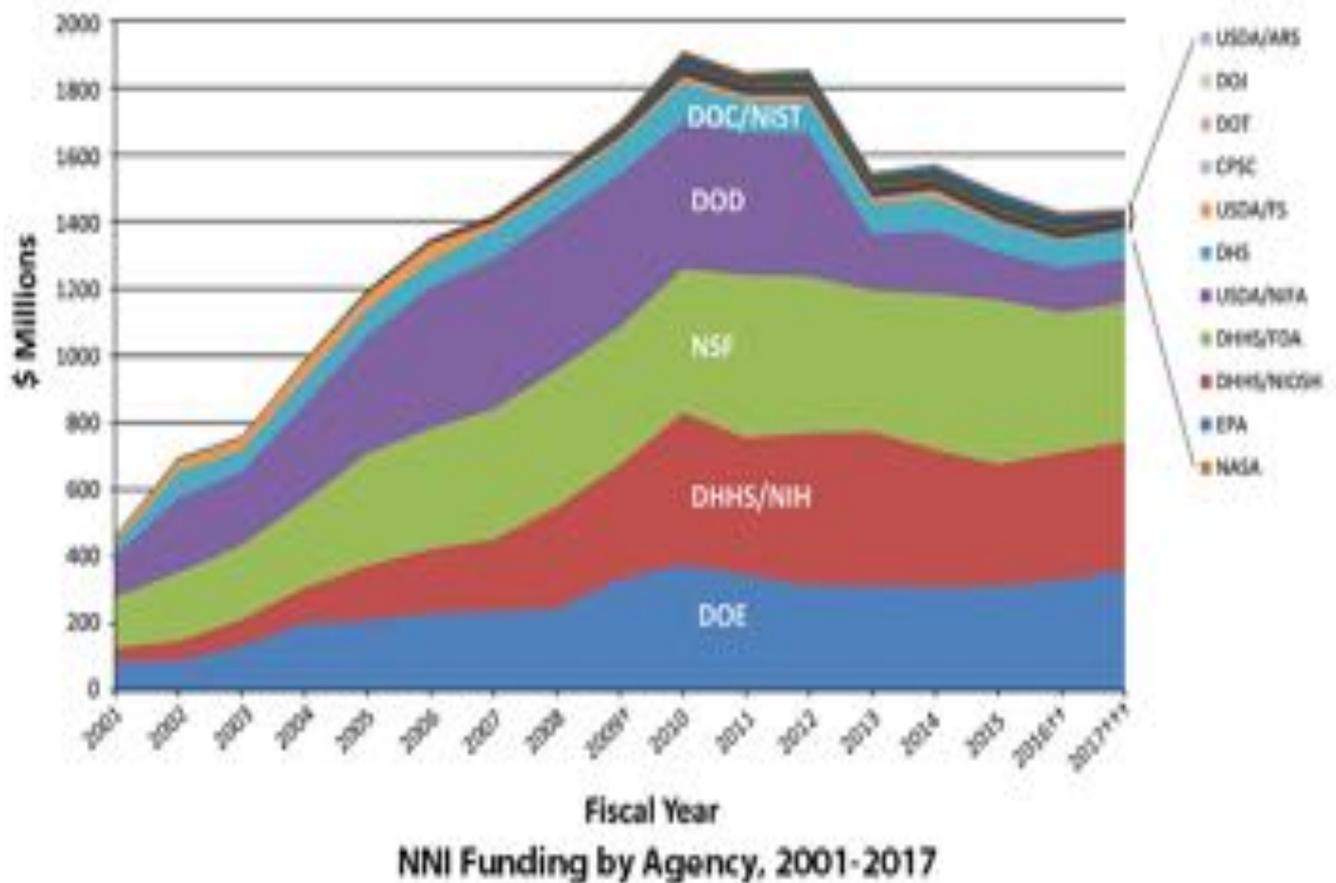


Kan Yao / Yongmin Liu,  
 Plasmonic  
 Metamaterials,  
 Nanotech. Rev. Vo. 3,  
 Issue 2 (2014)



NANO ES MULTIDISCIPLINAR...  
 NANO ES MULTIAPLICACIÓN





# Key Enabling Technologies in the EU

Key Enabling Technologies (KETs) are driving innovation and underpinning the shift towards a smart and clean economy



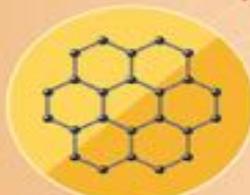
Photonics



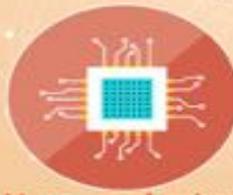
Advanced manufacturing



Advanced materials



Nanotechnology



Nano and micro electronics



Biotechnology

KETs are a priority of EU industrial policy as they can fuel economic growth and job creation. They enable a wide range of advanced products, processes and services including:

## PUBLICACIONES EN NANOTECNOLOGIA

		2000	2003	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	 China	1,935	4,725	10,634	12,651	15,414	17,660	20,227	24,949	28,362	34,584	41,324	47,404	53,081
2	 USA	4,406	7,820	12,434	13,542	14,785	15,587	17,409	18,747	19,841	21,925	22,459	23,509	24,185
3	 India	384	908	1,932	2,479	3,049	3,618	4,355	5,534	6,099	7,952	9,486	10,711	12,549
4	 Germany	1,940	3,191	4,555	4,929	5,305	5,700	6,213	6,834	6,987	7,538	7,863	8,162	9,235
5	 South Korea	513	1,562	2,984	3,368	4,213	4,604	5,337	6,364	6,891	7,581	8,259	8,837	9,989
6	 Iran	8	30	287	480	831	1,411	2,015	3,011	3,681	4,624	5,532	6,729	8,424
7	 Japan	2,286	4,178	5,620	5,758	6,145	6,224	6,302	6,763	6,717	7,197	7,300	7,324	7,459
8	 France	1,215	2,216	3,123	3,245	3,832	4,018	4,236	4,554	4,823	5,232	5,252	5,604	6,159
9	 UK	1,837	1,647	2,283	2,571	2,900	3,091	3,236	3,440	3,628	4,124	4,386	4,814	5,443
10	 Russia	919	1,584	1,917	2,136	2,342	2,521	2,713	2,845	2,894	3,277	3,567	4,382	4,620
11	 Spain	447	862	1,586	1,898	2,137	2,449	2,719	3,055	3,429	3,715	3,915	4,066	4,445
12	 Italy	600	1,257	1,731	2,073	2,232	2,496	2,695	3,004	3,225	3,693	3,768	4,080	4,221
13	 Australia	227	510	938	1,108	1,316	1,545	1,837	2,110	2,277	2,774	3,079	3,539	3,633
14	 Canada	457	810	1,424	1,624	1,709	1,960	2,045	2,386	2,609	2,896	2,940	3,238	3,548
15	 Taiwan	251	684	1,734	1,861	2,253	2,506	2,719	3,165	3,107	3,470	3,422	3,186	3,067
16	 Brazil	229	463	758	857	999	1,063	1,221	1,332	1,552	1,844	2,081	2,212	2,808
17	 Saudi Arabia	11	7	19	31	45	139	293	619	919	1,248	1,785	2,460	2,990
18	 Poland	255	649	970	1,019	1,151	1,153	1,217	1,294	1,486	1,744	1,939	2,271	2,480

# PATENTES (EE.UU., USPTO) EN NANOTECNOLOGIA

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	USA	885	996	1,245	1,355	1,259	1,658	1,678	1,681	1,905	2,564	2,698	3,041	3,615	4,414	4,365	4,316
2	South Korea	18	29	48	66	66	93	113	184	240	391	448	430	501	657	830	914
3	Japan	159	163	230	241	250	267	247	280	350	521	459	526	587	689	902	819
4	Taiwan	26	30	36	61	67	109	114	142	188	271	300	407	425	551	500	514
5	China	2	1	7	10	13	26	20	35	60	98	136	226	270	357	393	416
6	Germany	55	79	88	99	84	110	106	92	113	200	203	205	248	496	307	301
7	France	68	63	59	40	58	48	64	59	50	108	142	140	176	347	242	210
8	Netherlands	7	17	25	13	30	38	50	55	63	93	72	100	115	155	156	136
9	UK	17	21	18	34	17	23	23	19	25	30	49	60	87	145	109	123
10	Canada	21	21	35	38	40	52	27	40	36	56	81	82	85	127	109	106
11	Switzerland	10	9	15	7	11	14	15	19	14	34	46	48	61	126	64	79
12	Singapore	2	10	7	6	9	7	19	19	18	20	22	27	37	51	65	56
13	India	5	8	4	12	2	6	7	7	6	7	4	11	32	55	50	52
14	Saudi Arabia	0	1	2	0	0	0	0	0	1	2	3	12	25	32	53	48
15	Italy	7	11	7	11	8	17	8	22	15	28	33	24	43	77	41	47
16	Finland	4	3	0	3	4	7	5	4	7	10	11	17	28	37	37	46
17	Belgium	6	3	8	10	9	8	7	8	12	16	22	23	29	47	45	42
18	Sweden	11	6	8	4	11	7	9	10	6	25	26	35	25	65	57	40
19	Spain	0	2	1	1	2	2	2	5	3	6	4	9	13	32	27	30

## NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NDP)

<http://product.statnano.com/>

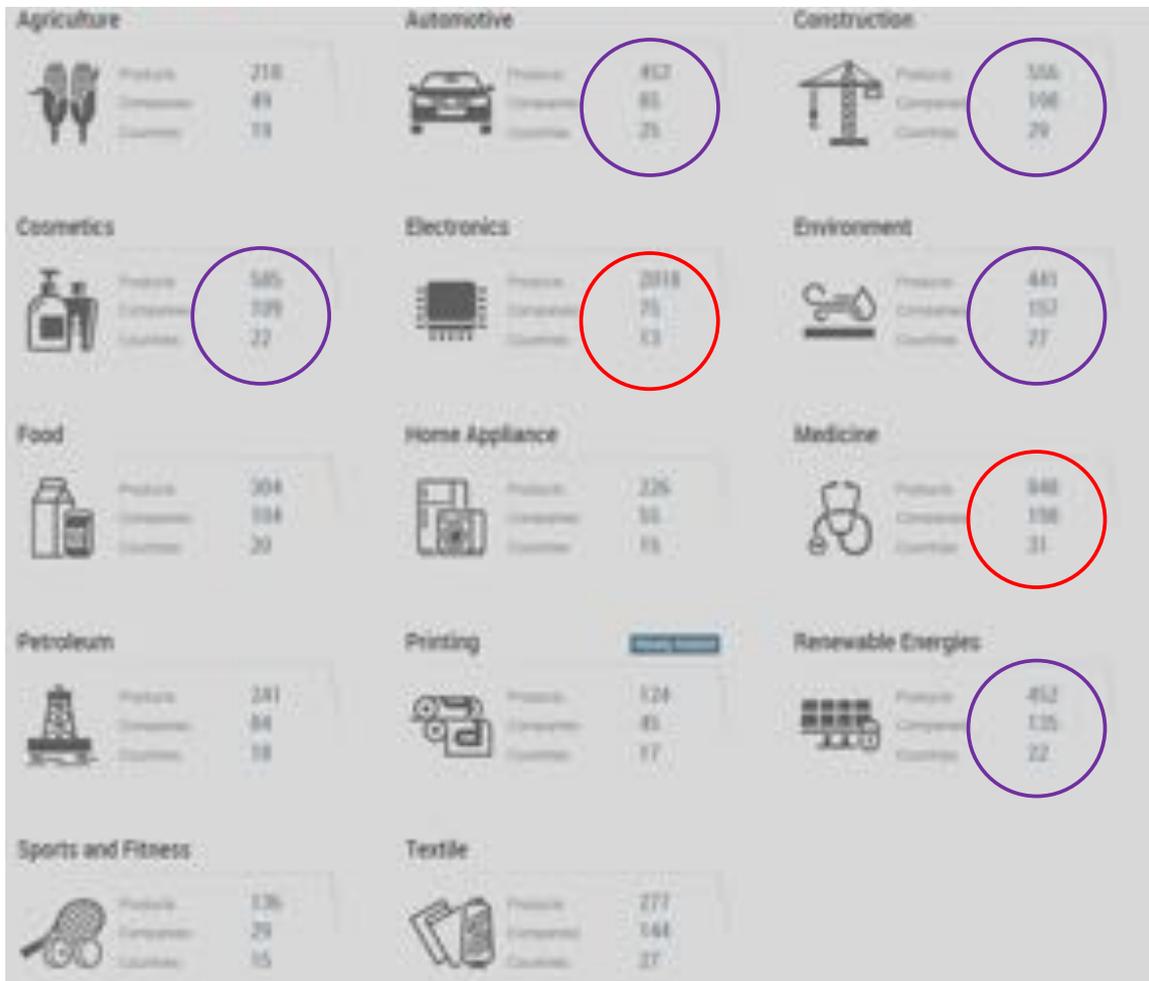
NDP was established in January 2016 in order to become a reliable, credible, and up-to-date source of information for nanoproducts

Nanotechnology Products Database (NDP) provides a reliable source of information about nanotechnology products, currently used in a broad range of industrial applications.

**6879 PRODUCTS**    **1332 COMPANIES**    **52 COUNTRIES**

Search for Products, Companies, Nanotechnology, Countries, Industries, Properties and

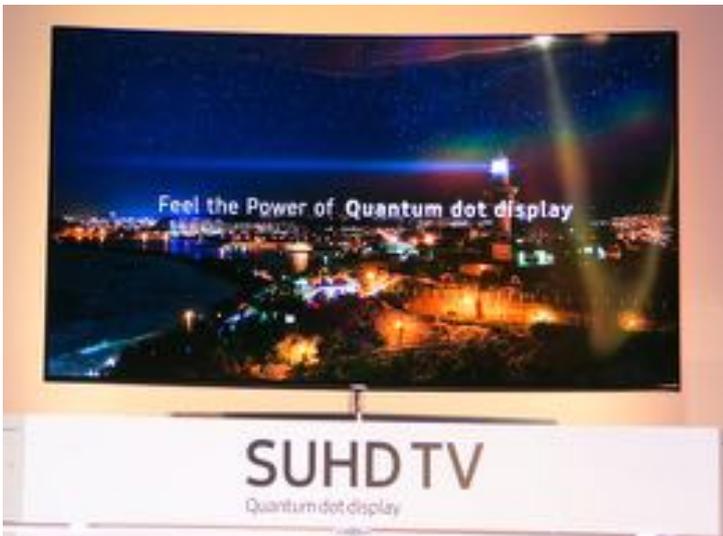
GO



Intel claims that by 2026 processors will have as many transistors as there are neurons in a brain

[RICK HENDERSON | 6 JANUARY 2016 | LAPTOPS](#)





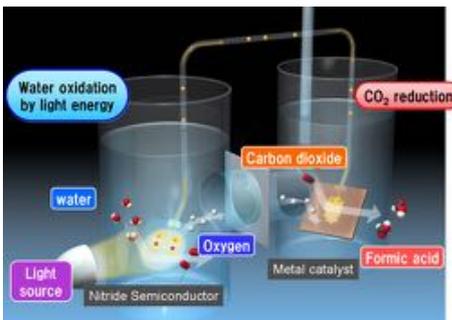
Samsung presenta su gama de televisores SUHD para 2016 con Quantum Dots  
5 enero, 2016



LG's UF9550 Nanocrystal TV

## NANOTECNOLOGÍA Y ENERGÍA

Panasonic (Sept. 2014)



Nature (leaves) efficiency: 0,2%

Panasonic System:0,3%.

GalnN + Cu: Water and CO<sub>2</sub> are transformed in methanol and ethanol

# NANOMERCADO: ALIBABA: NANOPARTICLES

4986 productos!!! (2017 Oct. 31st)

The screenshot shows the Alibaba.com search results for 'nanoparticles'. The search bar contains 'nanoparticles' and shows related searches for 'copper nanoparticle' and 'silver nanoparticles'. The results page is filtered by 'Products' and shows 4,986 products. The first product is 'copper nanoparticle' with a price of US \$750-800 / Kilogram and a minimum order of 20 Kilograms. The product details include application (Coating), purity (99%min), and other names (Titanium dioxide). The supplier is Guangzhou Chemnova Co. from China (Mainland) with a response rate of 72.7%. The page also shows a 'white 99% al2o3 nanoparticles alumina powder' product.

# NANOMERCADO: ALIBABA: CARBON NANOTUBES

16.087 productos!!! (2017, Oct. 31st)

The screenshot shows the Alibaba.com search results for 'carbon nanotubes'. The search bar contains 'carbon nanotubes' and shows related searches for 'carbon powder', 'carbon fibre tube', and 'carbon fiber'. The results page is filtered by 'Products' and shows 16,087 products. The first product is 'SINGLE WALL CARBON NANOTUBES 75%' with a price of US \$8.0-10.0 / Gram and a minimum order of 1 Gram. The product details include ENECS No. 106-0909201s, usage (Electronics Chemicals), and classification (Chemical Auxiliary A.). The supplier is Shenzhen ELE Electronic from China (Mainland) with a transaction level of 1 and a response rate of 100%. The page also shows similar products from the supplier.

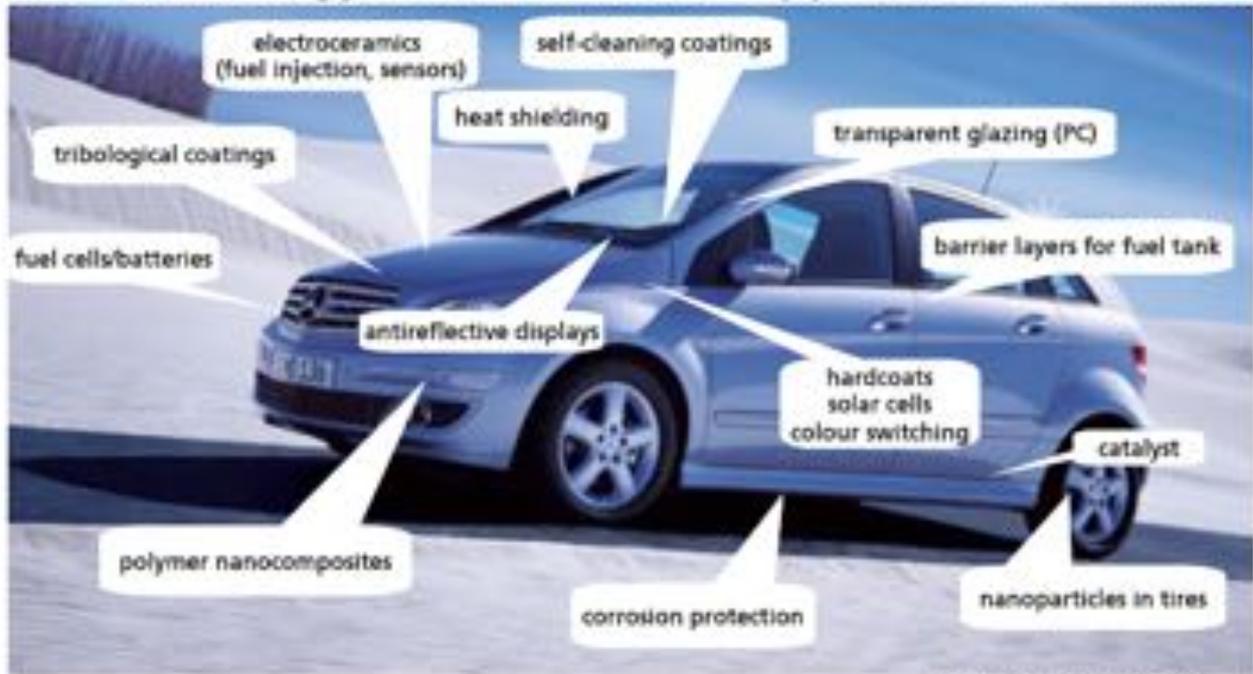
# NANOMERCADO: ALIBABA: GRAPHENE

## 7.995 productos!!! (2017, Oct. 31st)

The screenshot shows the Alibaba.com search results for 'graphene' as of October 31, 2017. The search bar at the top contains the word 'graphene' and shows related searches for 'graphene powders' and 'graphene battery'. The results page is divided into 'Products' and 'Suppliers' tabs. The 'Products' tab is active, displaying a list of items. The first product is 'High Quality Graphene' priced at US \$175.0 / Gram, with a minimum order of 1 Gram. It is supplied by Jujang Xingli Beihai Co. from China (Mainland). The product details include: Application: super capacitor, transp.; Dimensions: Purity>99%, layer thick...; Model Number: XLBH; Brand Name: XINGLI BEIHAI; Place of Origin: Jiangxi,China (Mainl...; Shape: Liquid and powder. The product has a response rate of 75.4%. Below this product, another item 'High Purity Quality Thermal Conductive Nano Carbon Graphite Graphene Paper Sheets' is partially visible. The left sidebar contains navigation options for 'Related Category', 'Minerals & Metallurgy', 'Electronic Components & Supplies', and 'Product Features'.



# Nanotechnology for automotive applications (realized)



Adopted from: Detscon 2004



Fraunhofer Gesellschaft

© Fraunhofer-Gesellschaft, München

## NANOTECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN

Iglesia del Jubileo (Roma)



Nanopartículas en cementos: n-SiO<sub>2</sub>  
Chronolia<sup>TM</sup>, Agilia<sup>TM</sup> y Ductal<sup>TM</sup> de Lafarge  
EMACO<sup>®</sup>Nanocrete by BASF.

Nanopartículas en cementos n-TiO<sub>2</sub>  
TioCem TX Active (Heidelberg Cement),  
NanoGuardStone-Protect de Nanogate AG  
TX Arca and TX Aria (Italcementi)

# GRAFENO: APLICACIONES EN BATERÍAS



2016. July 11<sup>th</sup>

Revealed by [Chinese company Dongxu Optoelectronics](#), the battery pack is called the G-King. It has a 4,800mAh capacity, which is considerably more than what we see in a smartphone, and more inline with small tablets, or compact laptops like the 11-inch MacBook Air. Dongxu claims the battery regains its lost charge in 13 to 15 minutes. The battery shouldn't fall over after a single recharge either. Dongxu says the cell is strong enough to be discharged and recharged 3,500 times, which it states is seven times the strength of a conventional Li-Ion battery.



## Visco-Grafeno

El material del futuro para el descanso.

Un compuesto de viscoelástica y grafeno que confiere al colchón resistencia, ligereza, transpirabilidad y conductividad.

### Confort y transpirabilidad.

El ViscoGrafeno no sólo mantiene intactas las propiedades originales de la viscoelástica, sino que las mejora garantizando el mismo grado de confort y transpirabilidad.

### Regulación térmica.

La incorporación de Viscografeno al núcleo del colchón convierte la zona de contacto en un espacio hiperconductor capaz de procesar altas dosis de flujo térmico, permitiendo un descanso sin acumulación de temperatura.

- Alta conductividad térmica
- Ligero, flexible y elástico
- Duradero y resistente
- Transpirabilidad
- Efecto ionizante

  
norcolchón  
SISTEMAS DE DESCANSO



  
norcolchón  
SISTEMAS DE DESCANSO



ViscoGrafeno



LIBERACIÓN CONTROLADA DE SUSTANCIAS

PRODUCTOS CON OMEGA – 3 NANOENCAPSULADO

Name	Approval
------	----------

### 1) Liposomes

AmBisome®	FDA 1997
DaunoXome®	FDA 1996
DepoCyt®	FDA 1999/2007
DepoDur®	FDA 2004
Doxil®	FDA 1995
Inflexal® V	Switzerland 1997
Marqibo®	FDA 2012
Mepact™	Europe 2009
Myocet®	Europe 2000
Visudyne®	FDA 2000

### 2) Lipid-based (non-liposomal) forms.

Abelcet®	FDA 1995 and 1996
Amphotec®	

### 3) PEGylated proteins, polypeptides

Adagen®	FDA 1990
Cimzia®	FDA 2008
Neulasta®	FDA 2002
Oncaspar®	FDA 1994
Pegasys®	FDA 2002
PegIntron®	FDA 2001
Somavert®	FDA 2003
Macugen®	FDA 2004
Mircera®	FDA 2007

### 4) Nanocrystals

Emend®	FDA 2003
Megace ES®	FDA 2005
Rapamune®	FDA 2002
Tricor®	FDA 2004
Triglide®	FDA 2004

### 5) Polymer-based nanoformulations

Copaxone®	FDA 1996/2014)
Eligard®	FDA 2002
Genexol®	South Korea 2001
Opaxio®	FDA 2012
Renagel®	FDA 2000
Zinostatin stimalamer®	Japan 1994

### 6) Protein–drug conjugates

Abraxane®	FDA 2005
Kadcyla®	FDA 2013
Ontak®	FDA 1994/2006

### 7) Surfactant-based nanoformulations

Fungizone®	FDA 1966
Diprivan®	FDA 1989

### 8) Metal-based nanoformulations

Feridex®	FDA 1996
Feraheme™	FDA 2009

### 9) Virosomes

Gendicine®	RPC 2003
Rebif®	EMA 2007

**MagForce AG** is a pioneer in the area of nanotechnology-based cancer treatment. It is the first company in the world to receive European approval for a medical product using nanoparticles. In Germany, this innovative therapy is available to patients at the NanoTherm™ therapy centers at the Charité-Universitätsmedizin hospital in Berlin, and the university hospitals Münster, Kiel, Cologne and Frankfurt. Additional therapy centers in Germany are planned for 2015.

<http://www.magforce.de/en/home.html>



# ALGUNAS INCERTIDUMBRES

BILL JOY MAGAZINE 04.01.00 12:00 PM

## WHY THE FUTURE DOESN'T NEED US

*By Bill Joy (Chief Scientist  
at Sun Microsystems)*

2000

Why the future doesn't need us.

Our most powerful 21st-century technologies – robotics, genetic engineering, and nanotech – are threatening to make humans an endangered species.



Accustomed to living with almost routine scientific breakthroughs, we have yet to come to terms with the fact that the most compelling 21st-century technologies – robotics, genetic engineering, and nanotechnology – pose a different threat than the technologies that have come before. Specifically, robots, engineered organisms, and nanobots share a dangerous amplifying factor: They can self-replicate. A bomb is blown up only once – but one bot can become many, and quickly get out of control.



Prince asks scientists to look into 'grey goo'



An artist's impression of a nanobot gripping a red blood cell

By Roger Highfield, Science Editor  
12:11am GMT 02 Jun 2003

Nanotechnology Brave new world or miniature menace? Why Charles fears grey goo nightmare

FUTURO

# Los cinco jinetes del apocalipsis

El investigador Anders Sandberg analiza los mayores riesgos para el ser humano



ANDERS SANDBERG

14 FEB 2016 - 10:55 CET

## 4. Nanotecnología

La **nanotecnología** es el control de la materia con una precisión atómica o molecular. Eso no es peligroso de por sí, de hecho, sería una fantástica noticia para la mayoría de sus aplicaciones. Pero el aumento del poder también aumenta el potencial de abusos contra los que resultaría difícil defenderse.

El mayor problema no es la célebre "plaga gris" de nanomáquinas que se autorreplicasen hasta devorarlo todo. Para eso haría falta un diseño inteligente ex profeso. Resulta difícil hacer que una máquina se replique; a la biología se le da mucho mejor, lo hace por naturaleza. El riesgo más evidente es que la fabricación

# Nanotec, megaganancia y gigariesgo en el tardocapitalismo

Manuel Garí

*“La tercera revolución industrial puede conducir a la abundancia o a la destrucción de las libertades, de la civilización y de la humanidad” /1*

Ernest Mandel (1962), economista marxista.

*“El impacto sobre la humanidad y la biosfera podría ser enorme, mayor que el de la revolución industrial, las armas nucleares o la contaminación del medio ambiente” /2*

J. Doyne Farmer y Belin d’A. Aletta (1992). científicos.

**VIENTO SUR** Número 99/Septiembre 2008 **99**



**TIME** IN PARTNERSHIP WITH CNN **Health & Science**  
 SEARCH TIME.COM [Subscribe to TIME](#)  
 Man • Eccentric Blog • Going Green • Environment • Oceans • Videos

Introducing TIME magazine on the iPad  
 ON SALE NOW >>> [click here](#)

**2045: The Year Man Becomes Immortal**  
 By LEV GROSSMAN Thursday, Feb. 11, 2011 [Subscribe and Save FREE!](#)

**Related**  
 Specialty  
  
 Top 10 Man vs. Machine Moments

**Headline**  
 • Party Poopers: Colleges' Admissions Departments Stalk Your Facebook

  
 Photo-Illustration by Philip Tulejanski for TIME

**Experience TIME**  
 Revolutionary New  
  
 ON SALE NOW 30 [Click](#)

**Most Popular**  
 MOST READ MOST EMARKE  
 1. Sex Addiction: A Real Debate or Convenient Excuse?

SÁBADO 2 DE ENERO DE 2010

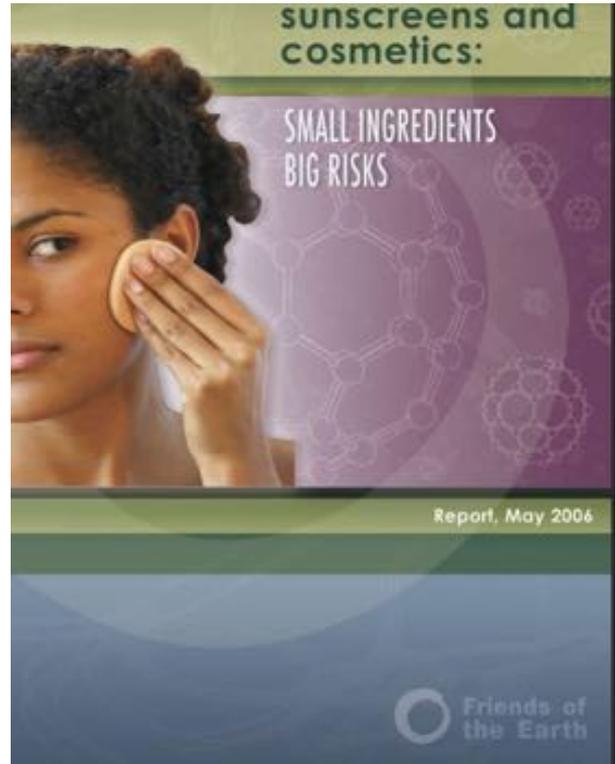
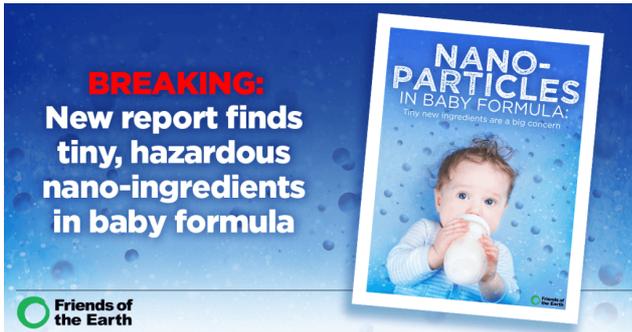
2010

Los Transgénicos son ya prehistoria , algo mas peligroso nos estan dando ya de comer



<http://nanoalimentos.blogspot.com/2010/01/los-transgenicos-son-ya-prehistoria.html>

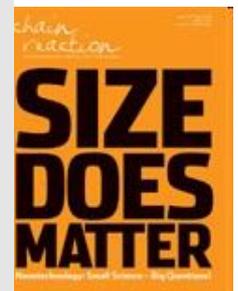
# NANOTECNOLOGÍA: UN TEMA POLÉMICO. COSMÉTICOS, ENVASES,...



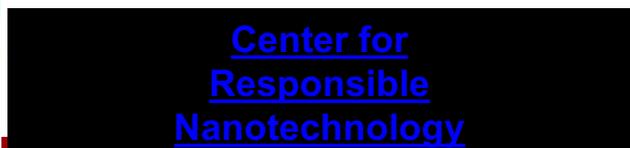
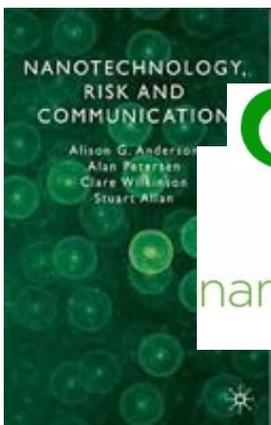
## RIE AS VOICES VOCES DE ALARMA



Members : Choose new st...  
**Apocalypse Nano**  
By [Howard](#), Section [Commentary](#)  
Posted on Mon Nov 3rd, 2003 at 05:42:  
From the anti-Jewish blood libels of Halloween candy in the New, publ forces are conspiring to poison us



*¡El tamaño sí importa!*  
Nueva información provee mayor evidencia para implementar moratoria sobre las nano partículas sintéticas: Grupo ETC



## ANTE LA PREOCUPACIÓN...¿UNA MORATORIA? 2006



Acerca del Grupo ETC Temas Recursos Foros relacionados Colaboraciones Noticias y Más

Inicio

### Retirada de producto nanotecnológico del mercado enfatiza la necesidad de una moratoria

¿Desapreció la magia?

Submitted on 10 April 2006

Se fortalece el llamado del Grupo ETC a una moratoria global sobre investigación de nanotecnología en laboratorios y para retirar del mercado productos que contengan nanopartículas diseñadas, especialmente aquellos que se ingieren, se aplican en el cuerpo o se liberan al ambiente. Es más urgente ahora actuar en ese sentido, después de que las autoridades alemanas retiraron del mercado el limpiador de baños "Magic Nano" -un producto supuestamente nanotecnológico. A fines de marzo al menos 77 personas reportaron problemas respiratorios a después de utilizar el producto. Seis de ellas fueron hospitalizadas y luego dadas de alta tan pronto mejoraron su condición respiratoria. La compañía que vende "Magic Nano" es Kleintann GmbH, una subsidiaria alemana de Illinois Tool Works (una corporación en el rango de las

<http://www.etcgroup.org/es/content/retirada-de-producto-nanotecnol%C3%B3gico-del-mercado-enfatiza-la-necesidad-de-una-moratoria>

## DE LA PROTESTA...

2006

Le Monde  
Samedi 3 juin 2006

ENVIRONNEMENT & SCIENCES

### L'ouverture du pôle Minatec cristallise la critique des nanotechnologies





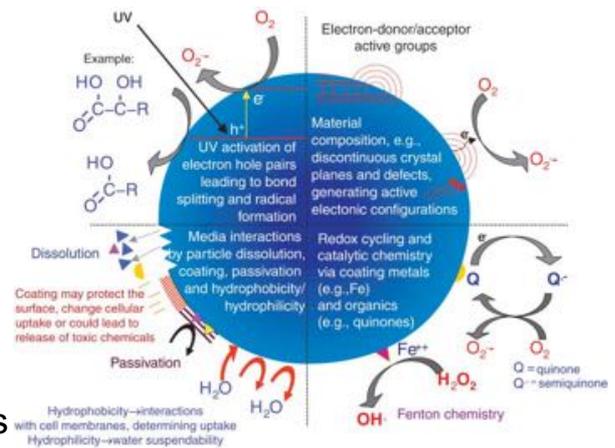
**UN MATERIAL QUE A ESCALA “MACRO” O “MICRO” NO PRESENTA EFECTOS TÓXICOS PUEDE QUE SÍ LOS PRESENTE A ESCALA NANO.**

**¡LO “NANO” ES DIFERENTE!  
(PARA LO BUENO Y QUIZÁS PARA LO MALO)**

# TOXICIDAD DE NANOMATERIALES



**Toxic Potential of Materials at the Nanolevel**  
Andre Nel, et al.  
Science 311, 622 (2006);  
DOI: 10.1126/science.1114397



Posibles mecanismos de interacción entre nanomateriales y medios biológicos que pueden dar lugar a citotoxicidad:

- Formación de **radicales libres, especies ionizadas o especies oxidativas** por acción de luz, defectos de superficie o de sustancias químicas.
- **Liberación de iones** del material o de las capas que forman el recubrimiento.

## LA TOXICIDAD DE LOS NANOMATERIALES DEPENDE DE:

- Composición y estructura química
- Forma y tamaño
- Concentración y distribución granulométrica
- Área superficial. Carga superficial
- Reactividad / potencial zeta / potencial redox
- Número de capas, recubrimientos, presencia de grupos funcionales
- Hidrofobicidad e hidrofiliidad
- Biopersistencia
- Solubilidad en agua
- Dispersibilidad en diferentes medios
- Porosidad
- Productor, fuente de material y tipo de proceso de fabricación
- Forma de aplicación o uso
- Exposición, vías de penetración, etc.



## LA TOXICIDAD DE LOS NANOMATERIALES

**¡NO SIGUE!**

**LOS PLANTEAMIENTOS GENERALES DE LA TOXICOLOGÍA “CLASICA” QUE CORRESPONDE A LOS MATERIALES TÓXICOS DE MAYOR TAMAÑO**

### PELIGROS DE LOS NANOMATERIALES

#### FORMA

Estudios in vitro: parece que los nanoobjetos más alargados (nanotubos o nanovarillas) son más tóxicos que los que poseen formas más esféricas (nanopartículas, fullerenos).

Por otro lado parece que los nanotubos de capa sencilla son menos tóxicos que los de varias capas.

En el caso de los nanotubos parece que los más cortos son menos tóxicos ya que los macrófagos pueden “digerirlos”, cosa que no ocurre con los largos. Los nanotubos de carbono largos podrían acumularse en los tejidos.

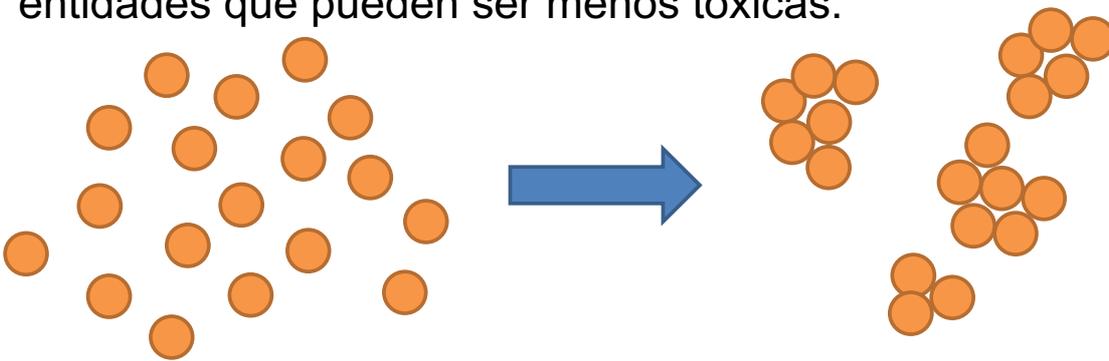


# PELIGROS DE LOS NANOMATERIALES

## AGLOMERACIÓN

Clásicamente, el aumento de la concentración de una sustancia tóxica implica una mayor toxicidad del material o de la disolución resultante.

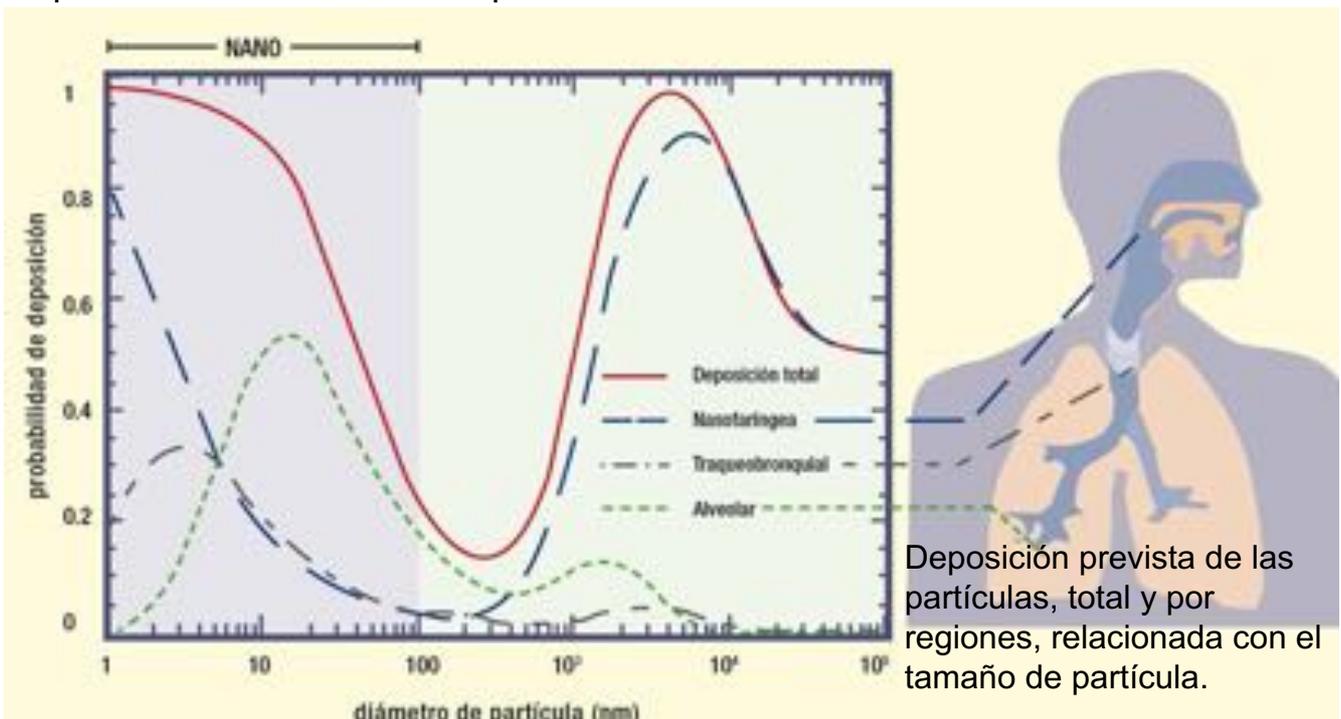
Sin embargo, en el caso de las nanopartículas esto puede no ser cierto, ya que en el caso de que se den fenómenos de aglomeración, las nanopartículas pueden agruparse con más probabilidad al aumentar la concentración, dando lugar a entidades que pueden ser menos tóxicas.



# PELIGROS DE LOS NANOMATERIALES

## EFFECTOS DE LAS VÍAS DE EXPOSICIÓN

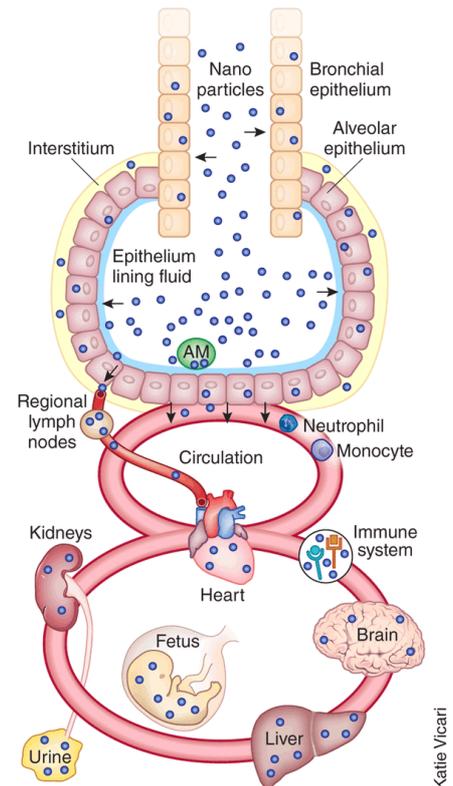
Las nanopartículas que son inhaladas y que se espera que lleguen a los alveolos pulmonares no siguen comportamientos esperados. Este punto es importante también desde el punto de vista de administración de fármacos.



# PELIGROS DE LOS NANOMATERIALES

## TRANSLOCACIÓN

Fenómeno por el cual una nanopartícula que puede ser incorporada a través de aparato respiratorio aparece íntegramente en otro órgano sin sufrir metabolización o traspasando barreras como la existente en el cerebro (hematoencefálica). Se ha constatado que nanopartículas que penetran por los pulmones o la piel, llegan al folículo piloso, y de allí pueden llegar a otros órganos como el intestino o el cerebro usando el sistema linfático, el aparato circulatorio o los dos. Este punto es importante también desde el punto de vista de administración de fármacos usando nanopartículas.



# PELIGROS DE LOS NANOMATERIALES

## **HAY MUY POCAS EVIDENCIAS CIENTÍFICAS SOBRE DAÑOS CAUSADOS POR NANOMATERIALES EN PERSONAS.**

Por lo general corresponden a accidentes o a sobre-exposiciones por falta de medidas de seguridad:

- Toyama (2008). Evidencia de dermatitis inducida por nanomateriales de tipo dendrímero.
- Song et al. (2009). 8 trabajadoras sufrieron una intoxicación por inhalación de nanopartículas de sílice en una fábrica sin medios de protección adecuados (2 fallecieron).
- Wu et al. (2010). Muchos integrantes de los equipos de rescate en los atentados del 11-S de 2001 mostraron patologías en los pulmones. Las biopsias mostraron una gran acumulación de nanofibras y nanotubos de carbono.
- Phillips et al. (2010). Se re-abrió un caso de 1994, en el que un trabajador usó, sin protección, un sistema de soldadura de arco con níquel falleciendo tras una inflamación pulmonar severa. La autopsia mostró grandes concentraciones de nanopartículas de Ni con diámetro inferior a los 25 nm.

# ALGUNAS EVIDENCIAS CIENTÍFICAS DE LOS PELIGROS DE LOS NANOMATERIALES

## ES NECESARIO ACUMULAR MÁS EVIDENCIAS:

- Más datos en experimentos “in vitro” (y determinar si son adecuados para comparar con situaciones “in vivo”).
- Más datos en experimentos “in vivo” (animales).
- Más datos en experimentos en personas.
- En los ensayos se deben controlar todas las variables, las exposiciones, y se deben realizar seguimientos a largo plazo.

## UN GRAN PROBLEMA:

Cada nanomaterial, con su propia composición, introduce ahora las variable tamaño y forma, junto con otras como la funcionalización mediante recubrimientos. El número de variables que hay que tener en cuenta son muchas lo que abre un **vasto panorama para la investigación.**



## REPERCUSIONES...

**Introducing our NEW Sunscreen!**

It's a bit of a dilemma, isn't it, when the stuff that's supposed to protect you from harmful sun rays exposes you to other not-so-niceties. Good thing Celadon Road sunscreen's sole active ingredient (non-nano, non-micronized zinc oxide) is the only sunscreen that's FDA approved for infants, so outdoor lovers of all ages can slather it on worry-free.

**Sunscreen SPF 20**  
Our Original Sunscreen is fragrance-free, non-comedogenic, ecocert-approved, cruelty-free and comes in 100% recyclable packaging. Did we mention the remaining ingredients are gluten-free, corn-free, vegan, edible-grade 80% certified organic? Just remember: it goes on your skin, not on your salad. #042-001 \$26

**Tinted Sunscreen SPF 20**  
Protect that lovely face with all the benefits of our original SPF 20 and give it an instant glow with a warm bronze tone created by mineral cosmetic pigment that blends with skin tones. Our Tinted Sunscreen helps reduce the appearance of blemishes and sunspots, too. Does it get any better? #042-002 \$26

*Celadon Road*

**Micronised (Not Nano)**

**Sunscreen is the most important beauty product you can buy.**

And **INVISIBLE ZINC®** is unlike most other sunscreens. Addressing the risks of deeper penetrating UVA without using chemical absorbers.

INVISIBLE ZINC® Active Beauty sunscreen forms an invisible film on the skin that acts as a barrier between you and the environment, reflecting UV light away and helping to neutralize environmental aggressors such as pollution, chemicals and smoke. High-end UV protection that feels like a hydrating moisturizer. Grants some of the smartest natural protection under the sun.

INVISIBLE ZINC®'s 100% mineral protectors create a physical, reflective veil on the surface of the skin and differ to the chemical UV filters found in many conventional sunscreens. Zinc Oxide is a natural, mineral reflector of both UVA and harmful deeper penetrating UVA, delivering very high broad spectrum SPF 30+ protection. Wear INVISIBLE ZINC® physical surface layer protection every day, not just at the beach.

- NATURAL, MINERAL SUNSCREEN
- ONLY ACTIVE INGREDIENT ZINC OXIDE
- NO CHEMICAL UV FILTERS
- NO TITANIUM DIOXIDE
- NO PARABENS
- No Methylparaben or Propylparaben
- MICRONISED (NOT NANO) ZINC OXIDE
- NON-IRRITANT FOR

# PSEUDOCIENCIAS Y CONSPIRACIONES



Entrevista Josefina Fraile 1/2 - Manipulación climática y geoingeniería

<https://www.youtube.com/watch?v=FxlCkI26jvQ>

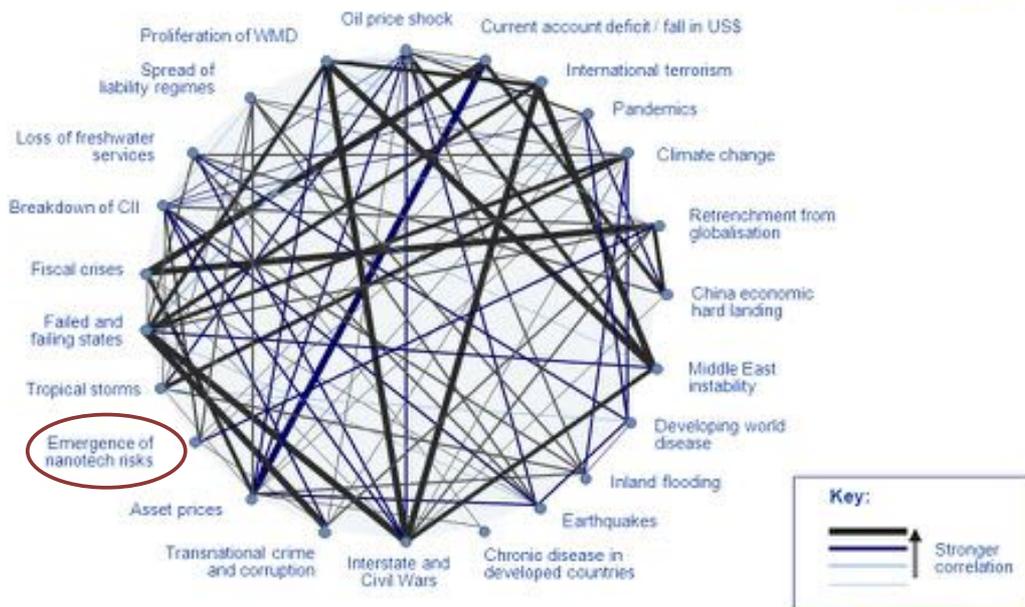
Entrevista Josefina Fraile 1/2 - Manipulación climática y geoingeniería

Josefina Fraile, activista ambiental, se dedica a denunciar, desenmascarar las fumigaciones aéreas clandestinas que se están llevando a cabo en todo el planeta (chemtrials) para controlar el clima.

**“Nubes de plasma con elementos nanotecnológicos, es decir con inteligencia artificial, para desplazar esas nubes con medios electromagnéticos y computacionales”...“Se trata de una tecnología más barata que medio kilo de patatas.”**

## NANOTECNOLOGÍA: BENEFICIOS Y RIESGOS VISTOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL IMPACTO ECONÓMICO

### Why worry?

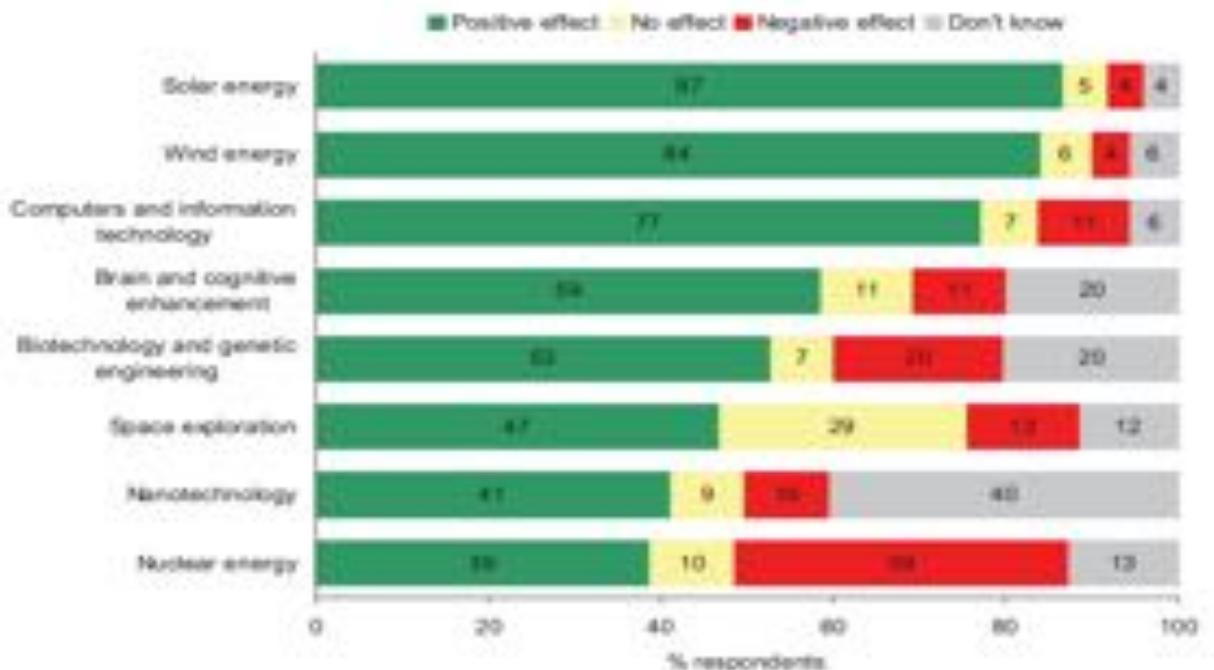


# PERCEPCIÓN PÚBLICA DE LA NANOTECNOLOGÍA

Europeans and  
Biotechnology in 2010

EUROBAROMETER 2010

Figure 2: Optimism and pessimism regarding eight technologies, EU27



[https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub\\_archive/europeans-biotechnology-in-2010\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_archive/europeans-biotechnology-in-2010_en.pdf)

## ¿QUÉ SABE LA GENTE DE LA NANOTECNOLOGIA?

“La comprensión pública de la nanotecnología en España” Javier Gómez Ferri , Revista CTS, nº 20, vol. 7, Abril de 2012 (pág. 177-207)

“Si nos fijamos en los últimos datos disponibles en el Eurobarómetro de 2010, encontramos que un poco más de la mitad de la población europea no ha oído hablar para nada de la nanotecnología: el 54%, en concreto. En el caso de España el porcentaje es del 68%.”

“De hecho sólo el 14% de los españoles declara que cree saber de qué se le está hablando cuando se le habla de nanotecnología.”

“De todos modos, las cifras suben todavía más si incluimos a aquellas personas que han oído hablar de ella, pero no saben lo que es. Para la Unión Europea estaríamos hablando de un 75%. Es decir, que tres de cada cuatro ciudadanos europeos no saben realmente qué es la nanotecnología. Para España no tenemos el dato, pero la cifra puede ser algo superior, aunque suponemos que ligeramente por debajo del 86% de la encuesta de 2001.”

“Nosotros estimamos que la cifra de españoles que tienen una noción clara de lo que es la nanotecnología ronda el 5%.”

# Y AHORA... ¿CÓMO SEGUIMOS?



## (1) APLICAR EL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN (VERSIÓN MODERADA)



## (2) DESARROLLAR LA NANO-ECO-TOXICOLOGÍA



<http://www.nanosafetycluster.eu/>

PROYECTOS DE LOS 6PM, 7PM Y H2020, Y DE OTROS PROGRAMAS (LIFE,..) DE LA UE DEDICADOS A NANO-ECO-TOXICOLOGÍA

ACIOnes	Lexicon	NANOESGA	NanoEcol
Caribada	MAPINA	NanoEEL	NanoEcol2
CASCATBEL	MedicineManufact	NANOENVIS	NanoEcol3
CellNanoTox	NanoCOMP	NanoENVIS2	NanoEcol4
CERASAFE	MedNanoTox	NANOFLAT	NANOECO
CellBio (I)	NanoEMU	NanoFolTox	ecoSCOPE
DIRNA	NanoEn	NanoFOLLE	Fantera
ECENanoTox	NanoEcolite	NANOGEN	FATROL
eNanoMans	NANODETECTOR	NanoEKO	Fragile
ENNSAFOR	NANODEVICE	NanoEKO2	FRANIS
ENPNA	NanoEEL	NanoEKO3	GuiltyNano
ENRHEE	NanoEAM	NANOENVIS3	Guilty
EURO-NanoTox	NanoEAM2	nanosTAS	GuiltyMito
EuroNano	NanoEATE	NanoShed	ICANCO
EuroNanoNeeds	NANOFLUW	NanoSuction	INNA
GLADIAFOR	NANOStructures	NanoTEST	INRENA
GRANDQUE	NanoGenTox	NANOVIEW	INVICAP
GUENANO	NanoHomo	NanoTox	InteNano
HARMCOE	NanoIngenWell	NanoToxClassification	InteNanoTox
Health	NanoInvent	NETE	ION
INLionTox	NANORISK	NanoEcolMito	
UCARNA	NanoLip	NANOTRANSPORT	

## (3) DESARROLLAR REGULACIÓN INTERNACIONAL SOBRE FABRICACIÓN Y COMERCIO DE LOS NANOMATERIALES



International  
Organization for  
Standardization

ISO Technical Committee (TC) 229

<https://www.iso.org/committee/381983.html>

62

published ISO  
standards\*  
under the direct  
responsibility  
of ISO/TC 229

37

ISO standards  
under  
development\*  
under the direct  
responsibility  
of ISO/TC 229

37

Participating  
members

14

Observing  
members



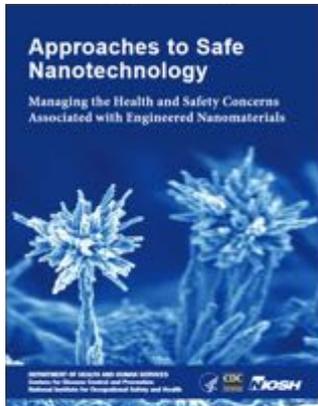
NORMALIZACIÓN: AENOR

<http://www.aenor.es/>

## (4) DESARROLLAR RECOMENDACIONES Y REGULACIÓN SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN TRABAJADORES EXPUESTOS A NANOMATERIALES

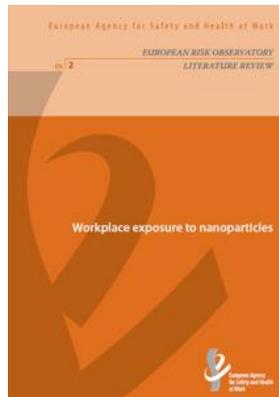
EE.UU.: THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH)

<https://www.cdc.gov/niosh/index.htm>

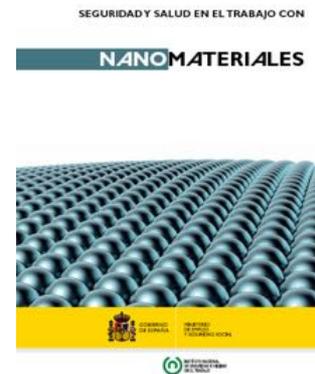


UE: EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (OSHA)

<https://osha.europa.eu/es>



ESPAÑA: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)



2004: CREATION OF THE NIOSH NANOTECHNOLOGY RESEARCH CENTRE (NTRC)

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/>

## (5) INFORMAR Y PROTEGER A LOS CONSUMIDORES MEDIANTE EL ADECUADO DESARROLLO, APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE REGULACIONES Y NORMAS

UE: REGULACIÓN DEL USO DE NANOMATERIALES EN COSMÉTICA (2009)



UE: REGULACIÓN DEL USO DE NANOMATERIALES EN ALIMENTACIÓN (2011)



## (6) DESARROLLAR, APLICAR Y REALIZAR EL SEGUIMIENTO DE REGULACIONES Y NORMAS PARA PROTEGER EL MEDIOAMBIENTE

En la Unión Europea existe una amplia regulación sobre los productos químicos (REACH), adoptada para mejorar la protección de la salud humana y del medioambiente de los riesgos que puedan ser causados por los productos químicos, a la vez que se mejora la competitividad y eficiencia de la industria europea. Desde mayo de 2017 incluye una guía específica para nanomateriales.

<https://echa.europa.eu/es/-/reach-guidance-for-nanomaterials-published>

2017, May 24th



## (7) PROMOVER EL DEBATE SOCIAL, PONER EN PRÁCTICA IDEAS DE CIENCIA CIUDADANA



<http://www.nanologue.net/>

### What society wants?

Two EU-funded roadmap projects are currently constructing future scenarios for nanotechnology applications in society and examining their consequences. The projects cover a number of different nanotechnology areas including materials, health and energy. This exercise provides opportunities for extended dialogue with the public by involving them in the creation of the scenarios. The projects will not only consider benefits and risks but explore what society actually wants from the science.



### Dialogforum Nano of BASF

2011 | 2012



Starting the dialogue on nanotechnology

## (8) PROMOVER LA DIVUGACIÓN Y LA FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

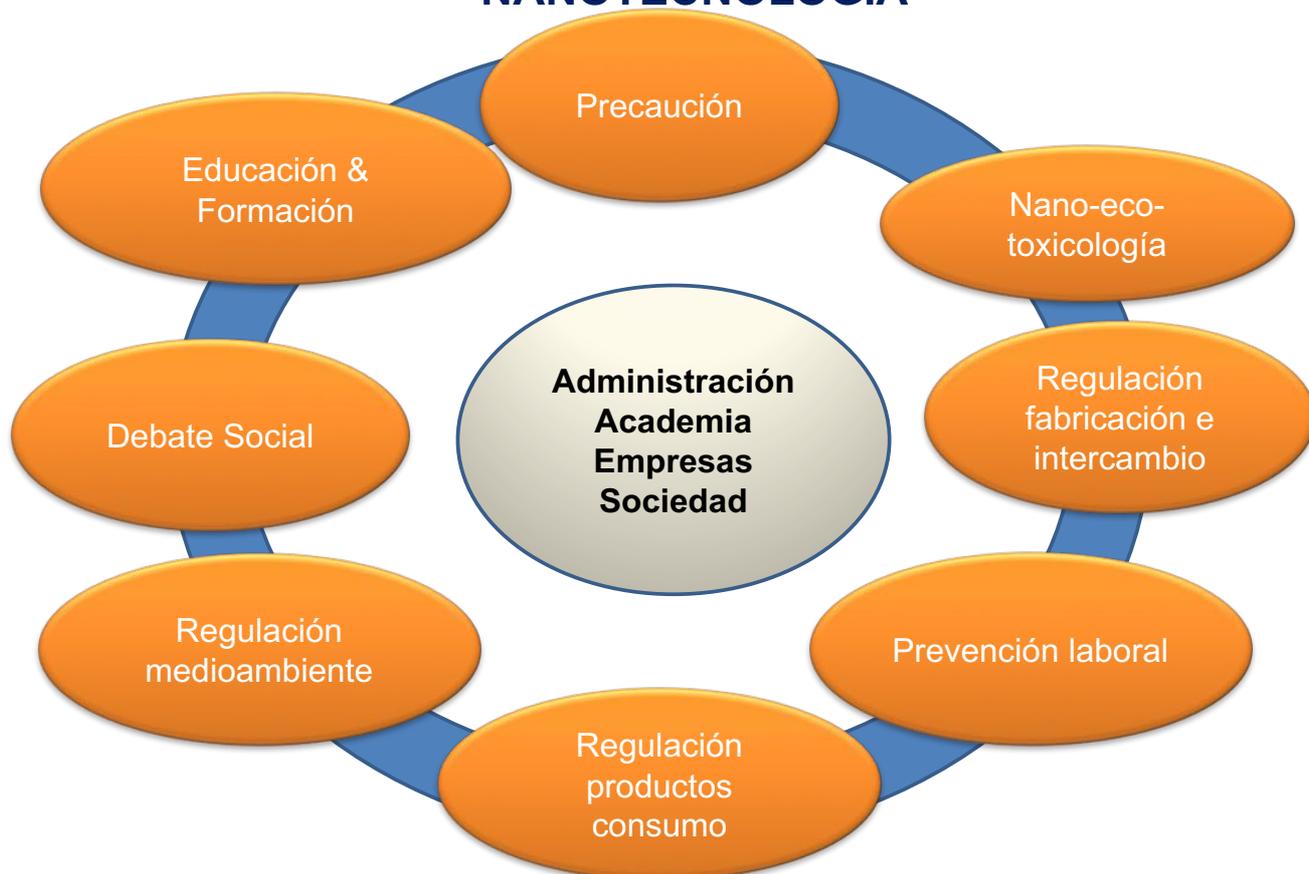
INICIATIVAS EN EE.UU.

<http://www.nano.gov>

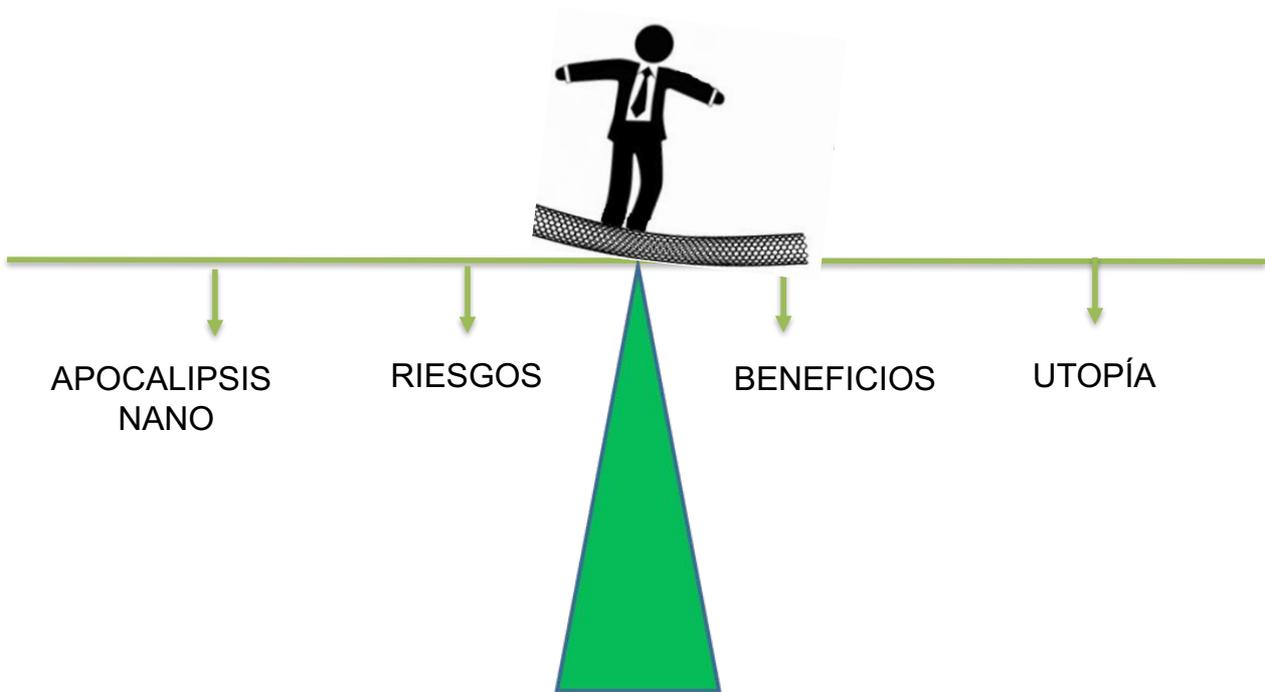
The screenshot shows the Nano.gov website's Education section. At the top, there is a navigation bar with links for Home, News, NNET Agencies, Contact Us, and Search Nano.gov. Below this is a secondary navigation bar with links for Nanotechnology 101, Nanotechnology & You, About the NNI, Collaboration & Funding, Publications & Resources, Education, Newsroom, and Events. The main heading is "Education". A paragraph states: "Education will play a vital role to ensure that nanotechnology achieves its full promise and potential. From classroom resources for K-12 to community college programs to PhD's in the field of nanotechnology, this section provides resources on the range of education and training opportunities available." Below this are four boxes with images and text:

- For K-12 Students:** From workbooks to online games, this section for students provides new and exciting ways to learn about nanotechnology. (Image: A group of children looking at a screen.)
- For K-12 Teachers:** From classroom resources to continuing education, this section is for teachers who want to know more about nanotechnology. (Image: A red apple.)
- College and Graduate Programs:** From a minor in nanotechnology to a PhD, this section has a list of the higher education programs available across the country. (Image: A graduation cap and books.)
- Associate Degrees, Certificates, & Job Info:** New jobs and training programs are being created to meet the market's demands. Find 2-year degrees, training programs, and career resources here. (Image: Hands working on a circuit board.)

## (9) DESARROLLAR UNA VERDADERA GOBERNANZA DE LA NANOTECNOLOGÍA



## CONTROLAR LOS TÉRMINOS DEL DEBATE (SI ES QUE HAY DEBATE)





# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD



On September 25th 2015, countries adopted a set of goals to end poverty, protect the planet, and ensure prosperity for all as part of a new sustainable development agenda. Each goal has specific targets to be achieved over the next 15 years.

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

## ¿POR QUÉ ES NECESARIO QUE LA SOCIEDAD SEPA DE NANOTECNOLOGÍA?

- Porque los ciudadanos son **contribuyentes** y sostienen con sus impuestos la actividad de universidades y centros de I+D+I.
- Porque otros ciudadanos serán **operarios y trabajadores** en fábricas que utilizan nuevas nanotecnologías (y deberán conocer los riesgos inherentes a su uso).
- Porque los ciudadanos van a ser **consumidores y usuarios** de nanoproducos y deben saber que beneficios y riesgos tienen los mismos.
- Porque habrá una revolución en la producción que va a requerir una **reformulación de puestos de trabajo**.
- Porque algunos ciudadanos (los más emprendedores) pueden vislumbrar **nuevos negocios**.
- Porque algunos ciudadanos se encaminarán hacia la ciencia, y la nanotecnología permite **estimular las vocaciones** de los jóvenes hacia las carreras científicas.



La era del camaleón  
María Teresa de los  
Arcos. Editorial  
Síntesis (Madrid), 2008



Unidad Didáctica de  
Nanociencia y  
Nanotecnología  
J.A. Marín Gago et  
al. FECY (2009)



La nanotecnología  
P.A. Serena  
La Catarata-CSIC  
(2010)



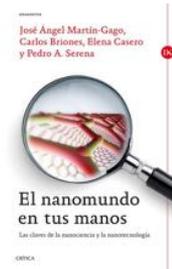
Una revolución en  
miniatura.  
A. Menéndez  
Universidad de Valencia  
(2011)



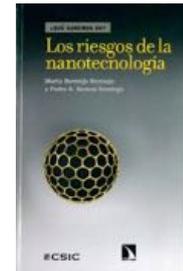
Aplicaciones Industriales  
de la Nanotecnología en  
España en el Horizonte  
2020. VV.AA.  
OPTI (2008)



Claves para el  
Nanomundo  
André-Yves Portnoff  
COTEC (2011)  
<http://www.cotec.es/>



El nanomundo en tus  
manos  
J.A. Marín Gago et al.  
Ed. Crítica (2014)



Los riesgos de la  
nanotecnología  
M. Bermejo y P.A.  
Serena  
La Catarata-CSIC  
(2017)