

# **NANOTECNOLOGÍA: METODOLOGÍAS Y MATERIALES PARA EL AULA**

**PEDRO A. SERENA**

**Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid  
c/ Sor Juana Inés de la Cruz, 3  
Campus de Cantoblanco, 28049-Madrid (España)**

**Correo electrónico: [pedro.serena@icmm.csic.es](mailto:pedro.serena@icmm.csic.es)**

**Curso “Materiales Avanzados y Nanotecnología: la nueva revolución industrial”  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas – Comunidad de Madrid**



**Comunidad de Madrid**

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN,  
JUVENTUD Y DEPORTE

# RESEÑA BIOGRÁFICA DEL PONENTE

El Dr. Pedro A. Serena Domingo (Madrid, 1962) es investigador científico del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid. En la actualidad ostenta el cargo de Coordinador Institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid. Sus líneas de investigación principales han estado relacionadas con la modelización y estudio de propiedades electrónicas y mecánicas de diferentes nanoestructuras. Es autor de 140 artículos científicos, de divulgación y de política científica, y ha dirigido tres tesis doctorales. Ha impartido clases en cursos de doctorado y Máster en las Universidades Complutense, Carlos III y Autónoma de Madrid. Es co-editor del libro “Nanowires” (Kluwer, 1997). Es co-autor de la “Unidad Didáctica de Nanotecnología” (FECyT), del libro “Qué sabemos de la nanotecnología?” (La Catarata-CSIC, 2009), del libro "El nanomundo en tus manos" (Ed. Crítica, 2014), y de la “Guía Didáctica de Enseñanza de la Nanotecnología (GDEN)” (Univ. Pontificia Comilla, 2014). Ha sido guionista y presentador de la serie "¿Qué sabemos de nanotecnología?" del Canal de TV de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

# ÍNDICE

1. **¿Qué sabe la sociedad de nanotecnología?**
2. **¿Qué se ha hecho en otros países en el ámbito de la nanoeducación y la nanodivulgación?**
3. **¿Cómo se acerca la nanotecnología a la sociedad?  
Nanoformación y nanodivulgación.**
4. **¿Qué ideas fundamentales hay que transmitir?**
5. **Comunicación de la nanotecnología: ventajas e inconvenientes**
6. **Recursos Didácticos**
7. **Recursos didácticos: Unidad Didáctica “Nanoscale science activities for grades 6-15”**
8. **Recursos didácticos: Guía “communicating nanotechnology Why, to whom, saying what and how?”**
9. **Recursos didácticos: Unidad Didáctica “Nanotechnologies: principles, applications, implications and hands-on activities”**

# ÍNDICE

11. Recursos didácticos: Otras Unidades Didácticas.
  12. Recursos didácticos: “Guía Didáctica para la Enseñanza de la Nanotecnología (GDEN)”
  13. Recursos didácticos: libros sobre nanotecnología.
  14. Otros recursos: conferencias.
  15. Otros recursos: visitas guiadas.
  16. Otros recursos: exposiciones.
  17. Otros recursos: certámenes.
  18. Otros recursos: Series de televisión
  19. Otros recursos: talleres
  20. ¿Dónde estudiar nanotecnología?
- Conclusiones
- Referencias
- Anexo I. Recursos para explicar cómo exploramos el nanomundo.
- Anexo II. Recursos para abordar el tema de aplicaciones, beneficios y riesgos de la nanotecnología

# **1. ¿QUÉ SABE LA SOCIEDAD DE NANOTECNOLOGÍA?**

# ¿HAY PREOCUPACIÓN EN LA SOCIEDAD POR LA NANOTECNOLOGÍA?

Tabla 2. Percepción de la nanotecnología en Estados Unidos, la Unión Europea y España

Cree usted que con la nanotecnología...									
2002	US	UE	ESP	2005	UE	ESP	2010	UE	ESP
<i>mejorará la situación (opt.)</i>	50	29	39	<i>mejorará (opt.)</i>	40	-	<i>mejorará (opt.)</i>	41	42
<i>empeorará (pesim.)</i>	4	6	3	<i>empeorará (pesim.)</i>	5	-	<i>empeorará (pesim.)</i>	10	8
<i>No efecto</i>	12	12	7	<i>No efecto</i>	13	-	<i>No efecto</i>	9	3
<i>No sabe</i>	35	53	52	<i>No sabe</i>	42	-	<i>No sabe</i>	40	47

Fuente: elaboración propia a partir de las encuestas de la Comisión Europea y Gaskell et al (2004).

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

# PERO ¿SABE LA SOCIEDAD LO QUE ES LA NANOTECNOLOGÍA?

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

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132013000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132013000100011&script=sci_arttext)

“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.”

# PERO ¿SABE LA SOCIEDAD LO QUE ES LA NANOTECNOLOGÍA?

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

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132013000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132013000100011&script=sci_arttext)

“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%.”**



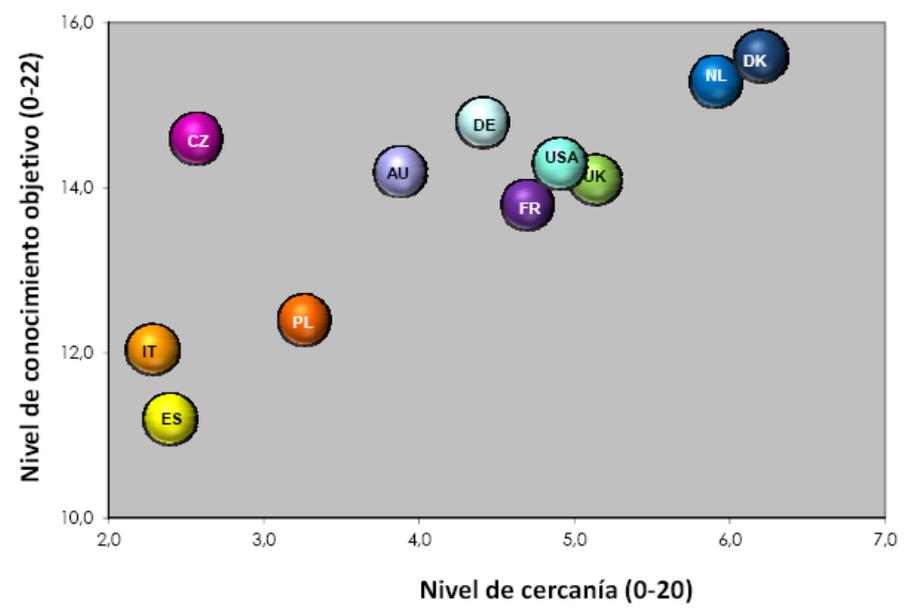
COMPETENCIA MATEMÁTICA		COMPENSIÓN LECTORA		COMPETENCIA CIENTÍFICA	
Shanghái (Chi.)	613	Shanghái (Chi.)	570	Shanghái (Chi.)	580
Singapore	573	Hong Kong	545	Hong Kong	555
Hong Kong	561	Singapore	542	Singapore	551
Taipéi (China)	560	Japón	538	Japón	547
Corea del Sur	554	Corea del Sur	536	Finlandia	545
Macao (China)	538	Finlandia	524	Estonia	541
Japón	536	Taipéi (China)	523	Corea del Sur	538
Liechtenstein	535	Canadá	523	Vietnam	528
Suiza	531	Irlanda	523	Polonia	526
Holanda	523	Polonia	518	Liechtenstein	525
Estonia	521	Liechtenstein	516	Canadá	525
Finlandia	519	Estonia	516	Alemania	524
Canadá	518	Australia	512	Taipéi (China)	523
Polonia	518	Nueva Zelanda	512	Holanda	522
Bélgica	515	Holanda	511	Irlanda	522
Alemania	514	Macao (China)	509	Macao (China)	521
Vietnam	511	Suiza	509	Australia	521
Austria	506	Bélgica	509	Nueva Zelanda	516
Australia	504	Alemania	508	Suiza	515
Irlanda	501	Vietnam	508	Eslovenia	514
Eslovenia	501	Francia	505	Reino Unido	514
Dinamarca	500	Noruega	504	Rep. Checa	508
Nueva Zelanda	500	Reino Unido	499	Austria	506
Rep. Checa	499	EE UU	498	Bélgica	505
Francia	495	Dinamarca	496	Letonia	502
Reino Unido	494	<b>Media OCDE</b>	<b>496</b>	<b>Media OCDE</b>	<b>501</b>
<b>Media OCDE</b>	<b>494</b>	Rep. Checa	493	Francia	499
Islandia	493	Austria	490	Dinamarca	498
Letonia	491	Italia	489	EE UU	497
Luxemburgo	490	Letonia	489	<b>España</b>	<b>496</b>
Noruega	489	Luxemburgo	488	Lituania	496
Portugal	488	Portugal	488	Noruega	495
Italia	487	<b>España</b>	<b>488</b>	Hungría	494
<b>España</b>	<b>494</b>	Hungría	488	Hungría	494
Rusia	482	Israel	486	Luxemburgo	491
Eslovaquia	482	Croacia	485	Croacia	491
EE UU	481	Islandia	483	Portugal	489
Lituania	479	Suecia	483	Rusia	486
Suecia	478	Eslovenia	481	Suecia	485
Hungría	477	Lituania	477	Islandia	478
Croacia	471	Grecia	477	Eslovaquia	471
Israel	466	Rusia	475	Israel	470
Grecia	453	Turquía	475	Grecia	467
Serbia	449	Eslovaquia	463	Turquía	463
Turquía	448	Chipre	449	EAU	448
Rumania	445	Serbia	446	Bulgaria	446
Chipre	440	EAU	442	Serbia	445
Bulgaria	439	Tailandia	441	Chile	445
EAU	434	Chile	441	Tailandia	444
Kazajstán	432	Costa Rica	441	Rumania	439
Tailandia	427	Rumania	438	Chipre	438
Chile	426	Bulgaria	436	Costa Rica	429
Malaisia	421	México	421	Kazajstán	425
México	413	Montenegro	422	Malaisia	420
Montenegro	410	Uruguay	416	Uruguay	416
Uruguay	409	Brasil	415	México	415
Costa Rica	409	Túnez	404	Montenegro	410
Albania	394	Colombia	399	Jordania	409
Brasil	393	Jordania	399	Argentina	406
Argentina	393	Malaisia	398	Brasil	405
Túnez	388	Argentina	398	Colombia	399
Jordania	386	Indonesia	396	Túnez	398
Colombia	376	Albania	394	Albania	397
Catar	376	Kazajstán	393	Catar	384
Indonesia	375	Catar	388	Indonesia	382
Perú	368	Perú	373	Perú	373

# ¿Y EL FUTURO?



## ESTUDIO INTERNACIONAL DE CULTURA CIENTÍFICA DE LA FUNDACIÓN BBVA COMPENSIÓN DE LA CIENCIA

Figura 29: Posicionamiento de países según nivel de conocimiento y nivel de cercanía. base: total de CAS



# REFLEXIÓN: OBJETIVOS GENERALES (DE PAÍS)

- Impulsar un nuevo modelo económico
- Conseguir una sociedad basada en el conocimiento
- Fomentar creación de empresas innovadoras
- Usar ciencia y tecnología para dar valor añadido a los productos y los procesos productivos
- Fomentar la transferencia de conocimiento desde la universidad a las empresas
- Fomentar la aparición de emprendedores tecnológicos
- Tener un sistema más transparente

## PERO...

- ¿Nos planteamos seriamente cómo se logra todo esto?
- ¿Nos damos cuenta de que el cambio se trata de un proceso de una o dos generaciones (20-30 años)?
- ¿Cuál es el plan? ¿Qué estrategia se está diseñando o se está siguiendo? ¿Podemos seguir al ritmo actual para estar entre los países líderes?
- ¿Qué papel tiene la educación?

# ¿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 los ciudadanos van a ser **consumidores y usuarios** de nanoproductos y deben saber que beneficios y riesgos tienen los mismos.
- Porque otros ciudadanos serán **operarios y trabajadores** en fábricas que utilizan nuevas nanotecnologías (y deberán conocer los riesgos inherentes a su uso).
- 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.

## **2. ¿QUÉ SE HA HECHO EN OTROS PAÍSES EN EL ÁMBITO DE LA NANOEDUCACIÓN Y LA NANODIVULGACIÓN?**

# INICIATIVAS EN EE.UU.

<http://www.nano.gov>

# Nano.gov

National Nanotechnology Initiative

[Home](#) | [Sitemap](#) | [NSET Agencies](#) | [Contact Us](#)

[Nanotechnology 101](#) | [Nanotechnology & You](#) | [About the NNI](#) | [Collaboration & Funding](#) | [Publications & Resources](#)

[Education](#) | [Newsroom](#) | [Events](#)

## Education

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.



### For K-12 Students

From workbooks to online games, this section for students provides new and exciting ways to learn about nanotechnology.



### For K-12 Teachers

From classroom resources to continuing education, this section is for teachers who want to know more about nanotechnology.



### 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.



### 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.

# INICIATIVAS EN EE.UU.



**NCLT** National Center for Learning and Teaching  
in Nanoscale Science and Engineering

[http://www.nclt.us/nano\\_initiatives.shtml](http://www.nclt.us/nano_initiatives.shtml)

US National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering

- Lista de centros dedicados a nanoeducación
- Materiales derivados de muchos workshops

Por ejemplo:

- *“Symposium on Undergraduate Nano-Education: Addressing the Challenges of Nanoscale Science & Engineering Education”, August 5-8, 2009, SUNY Albany*
- *Third Annual Faculty Workshop - “BEST PRACTICES” IN NANO-EDUCATION, March 26-29, 2008, Alabama A&M University*



It's A **Nano** World After All  
*using nanotech consumer products  
to engage student learning*

Presenter: Katherine Chen

# INICIATIVAS EN EE.UU.

<http://www.nanoed.org/>

**NanoEd Resource Portal**  
A repository for the collection and dissemination of information for the NSEE community

The screenshot shows the NanoEd Resource Portal website. The browser window title is "NanoEd Resource Portal - Mozilla Firefox". The address bar shows "http://www.nanoed.org/". The page content includes a navigation menu on the left with items like "Nano Courses", "Nanoconcepts and Simulations", "Nano Lessons", "Nano Learning Research", "Global Research Gallery", "Degree Programs", "Seminars", "Nano Resources", "News", "Events", and "How to Participate". The main content area is titled "FEATURED RESOURCES" and contains several articles and links, including "Investigating Static Forces in Nature: The Mystery of the Gecko", "Computer-based learning tool for 'Nano-thermodynamics'", "Global Educational Outreach for Science Engineering and Technology", "NanoSchoolBox - an experimental kit for schools", and "Insights in Nanomedicine: Fighting Cancer with Gold Nanoshells".

■ Nano Courses

■ Nanoconcepts and Simulations

■ Nano Lessons

■ Nano Learning Research

■ Global Research Gallery

■ Degree Programs

■ Seminars

■ Nano Resources

■ News

■ Events

■ How to Participate

- Cursos, lecciones, seminarios, presentaciones, y otras contribuciones efectuadas por investigadores y docentes.
- Información estudios (grados, masters, doctorado...)

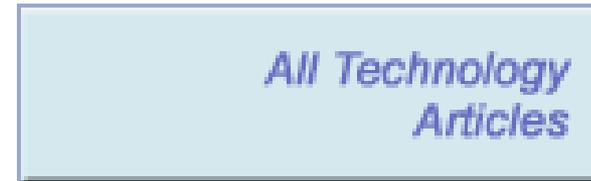
# INICIATIVAS EN EE.UU.



**NNIN**

Education Portal

[http://www.nnin.org/nnin\\_edu.html](http://www.nnin.org/nnin_edu.html)



- Cursos, lecciones, seminarios, presentaciones, y otras contribuciones efectuadas por investigadores y docentes.
- Información estudios (grados, masters, doctorado...)

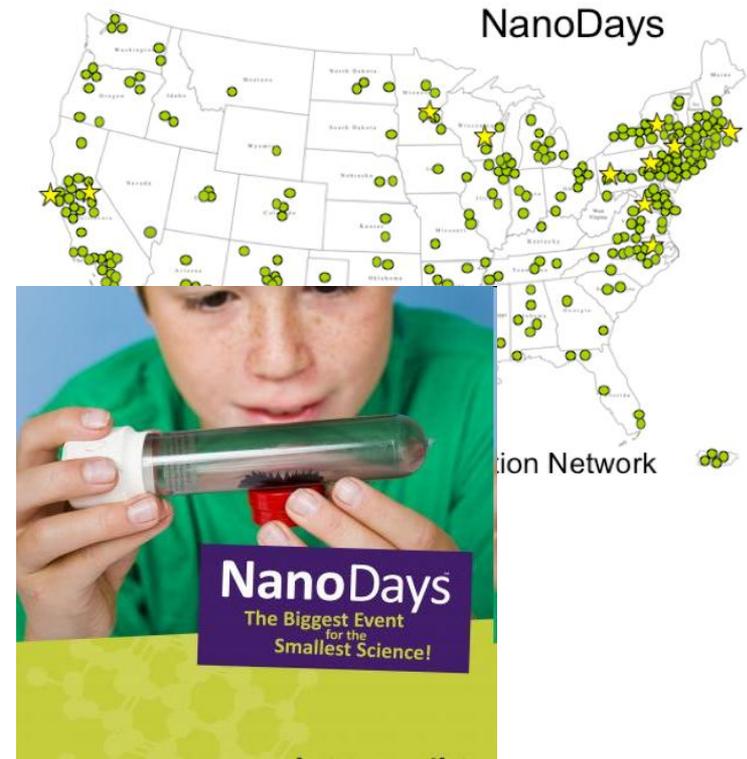
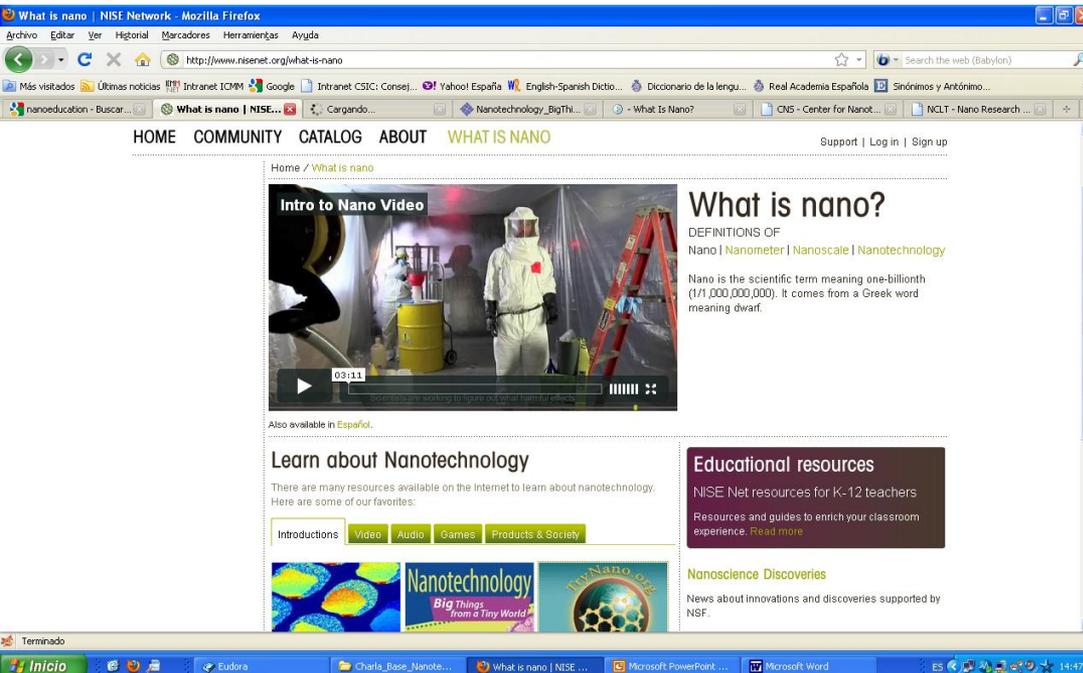
# INICIATIVAS EN EE.UU.



<http://www.nisenet.org>

## The NANOSCALE INFORMAL SCIENCE EDUCATION NETWORK.

The NISE Net is a national community of researchers and informal science educators dedicated to fostering public awareness, engagement, and understanding of nanoscale science, engineering, and technology.



If you have questions about **Nanotechnology** you've come to the right place. Explore the **nanoZONE** and learn more.

# NANOTECHNOLOGY

**WHAT is it ?**



**DISCOVERIES!**

**SUPER SMALL!**



**HOW SMALL is it ?**

**WHO works on it ?**



**SCIENTISTS!**

**PLAY GAMES**

- Solve the Mystery of the Green Milk
- Make a Virus Worker
- Save Ratty
- How Small?
- Solve the Nanopuzzles
- Fishing for Fun

**WATCH VIDEOS**

- What is Nanotech?
- Who works on Nanotech?
- Why is Nanotech important?
- How does a Scanning Electron Microscope work?

**DO IT YOURSELF**

- Print Out a Nanometer Ruler and Measure Things
- Print Out a Size Wheel
- Convert Inches, Feet, and Miles into Nanometers

**SEE SMALL STUFF**

- Look at Pictures from a Scanning Electron Microscope

**ASK A QUESTION**

- Questions about "What is Nanotech?"
- Questions about "How small is Nanotech?"
- Questions about "Who works on Nanotech?"
- Questions about "Why is Nanotech important?"

**LOOK INTO THE NANO FUTURE**

- Check out some NanoProducts coming soon
- Check out some future NASA nanotechnology

**MEET A SCIENTIST**

- The Life Story of Tejal Desai
- The Life Story of Arun Majumdar
- The Life Story of Eric Heller
- The Life Story of Erik Scher
- The Life Story of Angela Belcher
- Scientist Stat Cards
- Talk to a scientist about their lives and work
- Talk to a Scientist: Ask a scientist what is so special about nanotechnology
- Nanocomix starring Jorge Gardea-Torresdey
- Nanocomix starring Rachel Segalman
- Nanocomix starring Paul Alivisatos
- Nanocomix starring Lydia Sohn



This website requires the Macromedia Flash 7.0 plug-in. [Click here](#) to download the installer to your computer.



Museum Professional



Help us out by taking a survey!

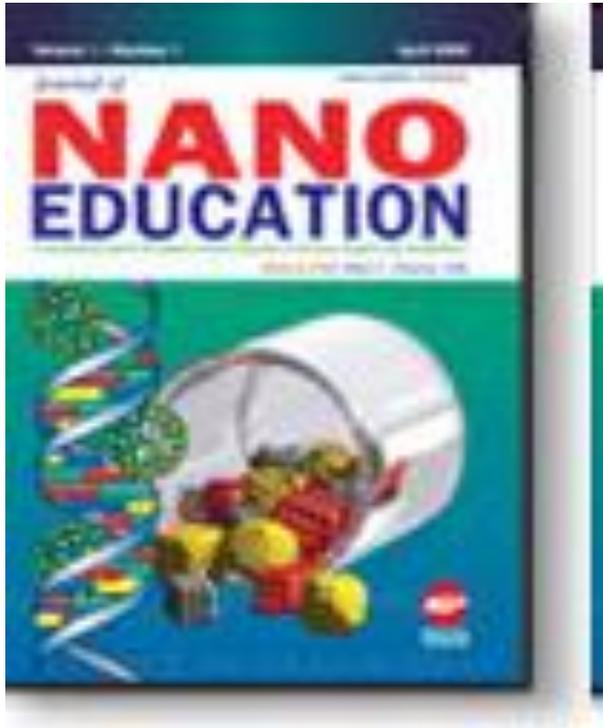


Visit the NANOZONE @

# INICIATIVAS EN EE.UU.

Journal of Nano Education (JNE)

<http://www.aspbs.com/jne.htm>



The **Journal of Nano Education** (JNE) is a peer-reviewed international journal that aims to provide the most complete and reliable source of information on current developments in nanoscale science, technology, engineering, and medical education.

**EDITOR-IN-CHIEF: Dr. Kurt Winkelmann**

**Honorary Board**

**Dr. K. Eric Drexler, Nanorex, Inc., USA**

**Professor Harold W. Kroto, Florida State University, USA**

**Dr. Mihail C. Roco, National Science Foundation, USA**



# ALEMANIA: NANOTRUCK



**nanotruck**  
Hightech aus dem Nanokosmos

<http://www.nanotruck.de/>



# ALEMANIA: NANOEDUCATION MAP

<http://www.techportal.de/techmap/>

## Nanoeducation map

In 2015 there will be worldwide a size of market of more than a thousand billion Euros predicted for nanotechnology based products. **Qualified professionals are in high demand.**

In order to make the access easier to training facilities in the future field Nanotechnology for pupils, students, employees of institutions and for all those who are interested, providers with relevant offers are presented in a cartographical overview. The attached detailed information will be helpful and supportive in researching the appropriate training facility.

# UNIÓN EUROPEA: NANOFORUM



**nanoforum.org**

European Nanotechnology Gateway

## **Nano-Education from a European Perspective**

**Ineke Malsch**

2008 J. Phys.: Conf. Ser. 100 032001

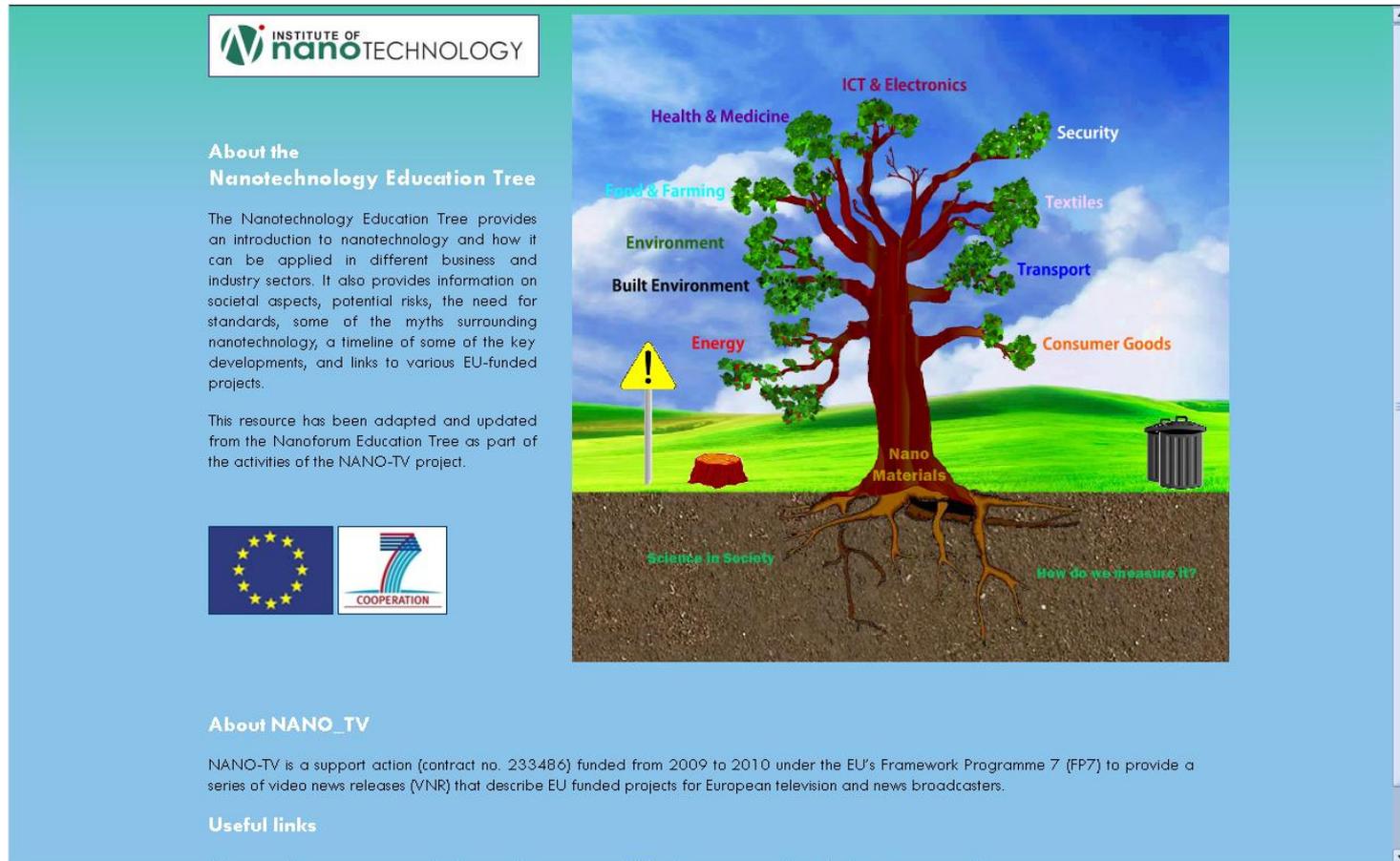
(<http://iopscience.iop.org/1742-6596/100/3/032001>)

[http://iopscience.iop.org/1742-6596/100/3/032001/pdf/jpconf8\\_100\\_032001.pdf](http://iopscience.iop.org/1742-6596/100/3/032001/pdf/jpconf8_100_032001.pdf)

# UNIÓN EUROPEA: IoN - NANOTECHNOLOGY TREE

<http://www.nano.org.uk/educationtree/>

<http://www.nanoforum.de/educationtree/index.php>



**INSTITUTE OF nano TECHNOLOGY**

### About the Nanotechnology Education Tree

The Nanotechnology Education Tree provides an introduction to nanotechnology and how it can be applied in different business and industry sectors. It also provides information on societal aspects, potential risks, the need for standards, some of the myths surrounding nanotechnology, a timeline of some of the key developments, and links to various EU-funded projects.

This resource has been adapted and updated from the Nanoforum Education Tree as part of the activities of the NANO-TV project.



### About NANO\_TV

NANO-TV is a support action (contract no. 233486) funded from 2009 to 2010 under the EU's Framework Programme 7 (FP7) to provide a series of video news releases (VNR) that describe EU funded projects for European television and news broadcasters.

### Useful links

# UNIÓN EUROPEA: TIME FOR NANO

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

The screenshot shows the homepage of the Time for Nano website, designed with a craft theme. At the top, the word "timefornano" is written in a large, red, hand-drawn font on a white torn paper background. Above it are several circular icons representing different European countries. Below the main title are five colored tabs: "health" (blue), "environment" (green), "privacy" (purple), "divide" (orange), and "enhancements" (red). To the right, there is a "video contest" section featuring a camera icon and the text "Nano & Arts".

The main content area is titled "It's TIME for NANO!" and includes a paragraph: "The Time for Nano Project aims at engaging the general public, with a special attention to young people, on benefits and risks related to nanoscale research, engineering and technology, through specific informal education products." Below this, a section titled "Watch the winners of the video competition 2011!" states: "Hundreds of high school students from all over Europe took part to the competition." A video player is embedded, showing a video titled "Winner 2011" with "2 Videos in this Playlist". The video content shows the words "ADD THE WINNER" and "IS" formed by colorful beads on a white surface.

On the left side, there are several navigation links: "Home", "News and Events", "TIME for NANO Video Competition", "More about nanotechnology", "TIME for NANO consortium", "NanoKIT", and "PLAY the QUIZ". On the right side, there is a "Junior" section with a cartoon character and a "gallery" section with a pencil icon.

At the bottom left, there is a URL: <http://www.timefornano.eu/health>

# UNIÓN EUROPEA: NANOTOTOUCH

<http://www.nanototouch.eu/project/>



project

partners

tools

resources on nano

**nanosciences live in science centres and museums**



[NANOTOTOUCH](#) > [project](#) >



NANOTOTOUCH is a project aimed at communicating nanotechnology through a completely new methodology, which is aimed at pushing science communication to its extreme. In fact, the revolutionary concept behind this project stands in the re-collocation of science from the standard perspective of a top-down communication, to a more active involvement of the public; thus science will no longer exist as a separated apparatus from the rest of society.

The role of the museum in this idea is quite central: it is able to concentrate a broad and variegated public towards which communication has to be shaped and delivered. Under the project, the museum becomes a space for experimentation and active learning, which stems into a constant dialogue among the scientists and between the scientists and public.

The main instrument for knowledge sharing is the Open Nano Lab: implemented by the [Deutsches Museum](#) already in 2006, it represents a space in which researchers can carry on their projects and conduct measurements, sharing with the public their results through an environment shaped to provide the most meaningful educational experience for all. The Open Nano Lab will be also implemented in the science museums of [Gothenburg](#) and [Milan](#), partners in the project.

# UNIÓN EUROPEA: NANOCHANNELS

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



Español



Búsqueda

[Inicio](#) | [Acerca de](#) | [Noticias](#) | [Opiniones](#) | [Material del estudiante](#) | [Proximamente debates en vivo](#) | [Área de profesores](#) | [Aprenda Nano](#)

## Área de profesores

This post is also available in: [Inglés](#), [Francés](#), [Alemán](#), [Italiano](#), [Hebreo](#), [Rumano](#)

En ésta área encontrará el Kit del profesor y dos sesiones virtuales de adiestramiento que le permiten a los profesores de ciencias a motivar, inspirar y guiar a los estudiantes de cada escuela a desarrollar el contenido y actividades, divulgarlas e implementarlas utilizando los diferentes canales de la media.

## ¡El material para estudiantes está por llegar!

This post is also available in: [Inglés](#), [Francés](#), [Alemán](#), [Italiano](#), [Hebreo](#), [Rumano](#)

¡El material para estudiantes está por llegar!

En ésta área se publicarán pronto los contenidos de los estudiantes de la escuela. Los ítems serán: artículos, cortometrajes, escenarios de debate, etc.

## Socios de los Nanochannels



ZENTRUM FÜR SOCIALE INNOVATION  
CENTRE FOR SOCIAL INNOVATION

Deloitte.

ELMUNDO

CORRIERE DELLA SERA

TiConUno

the guardian

# UNIÓN EUROPEA: NANOYOU

<http://nanoyou.eu/>

**NANO** YOU

Buscar... Search Subscribete Español

Contacto

Acerca de Nano Nanolaboratorio Nanodiálogo Nanojuega Nanodocentes

Home >> Proyecto Nanoyou >> Acerca de

## Proyecto Nanoyou

[Acerca de](#) [Colaboradores](#) [Noticias](#) [Newsletter](#) [Youngsters' perceptions on NT](#)

### Acerca del proyecto

**NANOYOU** (Nano para los jóvenes - Nano for Youth) es un proyecto financiado por el Séptimo Programa marco de la Comisión Europea con el objetivo de fomentar los conocimientos básicos sobre nanotecnologías (NT) entre los jóvenes y animarlos a participar activamente en el debate sobre sus aspectos éticos, legales y sociales (AELS).

Las nanotecnologías son el diseño, caracterización, producción y empleo de estructuras, dispositivos y sistemas controlando su forma y tamaño a escala nanométrica (la escala de moléculas individuales, en las que las propiedades difieren considerablemente de las de mayor tamaño). Las NT tendrán un gran impacto en la vida diaria de la población y ya están revolucionando diversas disciplinas científicas, como la medicina, la informática y la producción energética.

Además de los beneficios por los que se desarrollan las NT, en ciertas circunstancias, algunas de estas nuevas aplicaciones pueden tener efectos perjudiciales. Así pues, la ciudadanía tiene que estar informada para poder colaborar activamente en la toma de decisiones haciendo un balance ponderado de los beneficios frente a los hipotéticos riesgos. Asimismo, esta fase inicial de desarrollo, cuando solo algunas aplicaciones han llegado al mercado, es un momento crítico para la comunicación potencial sobre las NT.

**Become a member of the NANOUYOU Schools' Community!**

Schools from all over Europe are already teaching NT in their classrooms and sharing their **experience and best practices** in the NANOUYOU Schools' Community.



Click **here** for **more information** on the Schools' Community and on how to register.

**Do you want to see what the**

# UNIÓN EUROPEA: NANOPINION



ACERCA DE NANO

NOTICIAS DE MEDIOS

RESULTS

EVENTOS

EDUCATION

MULTIMEDIA

Español



Nanotecnologías: ¿Hasta dónde nos deben llevar? **Danos tu opinión**

Síguenos



[Previous newsletters](#) [Blog](#)

Newsletter

Introduzca su email



## ¿Qué piensa realmente la gente sobre las **nanotecnologías**?

### ¿Cómo nos imaginamos nuestro futuro con las **nanotecnologías**?

## nanoforum. Únete al debate

RESULTS

**What do Europeans think about nanotechnologies?** NanOpinion results and policy recommendations have been published!

8330 Participantes

[Click here to see the results](#)



# RUSIA

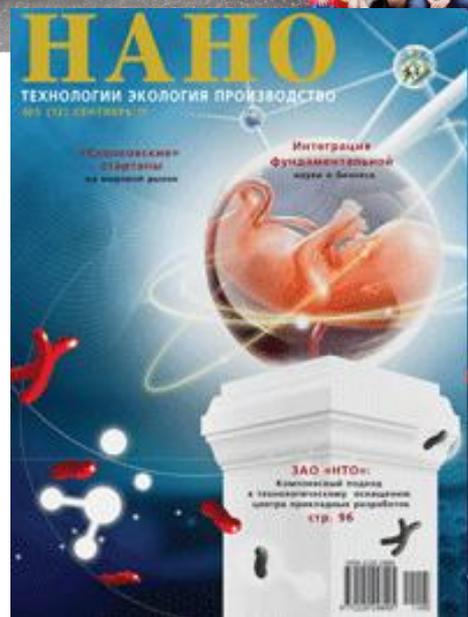
<http://www.schoolnano.ru>

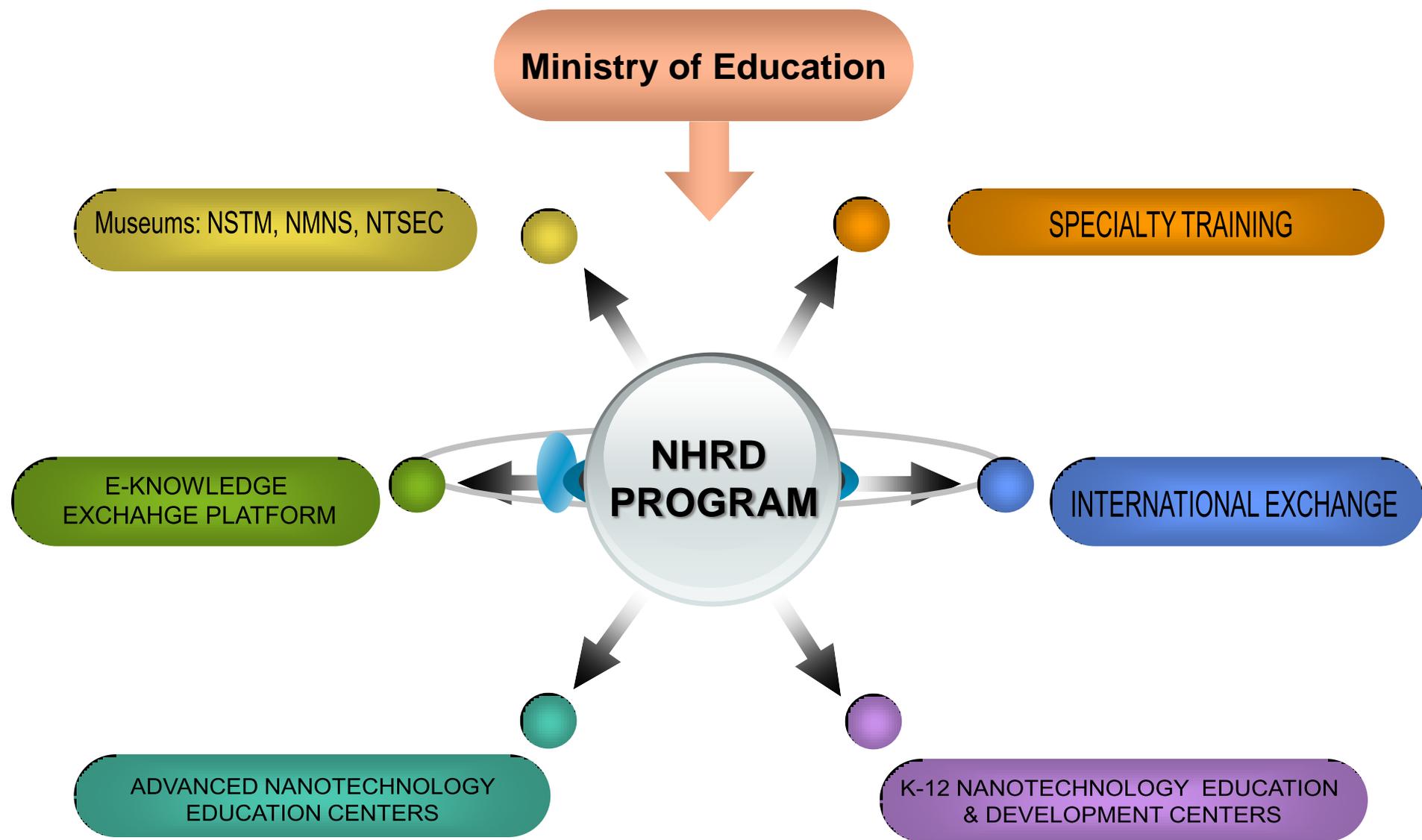
<http://www.rusnano.com>

<http://popular.rusnano.com>

<http://www.nanometer.ru>

En Rusia, tanto el Ministerio de Ciencia y Educación, como el Consorcio público-privado RUSNANO, están fomentando la capacitación de niños, jóvenes y estudiantes universitarios mediante diversas actividades: grupos de trabajo, foros, exposiciones, concursos, publicación de revistas, manuales y libros, etc. Aunque han comenzado algo tarde, su actividad actual es frenética en este campo de la nanoeducación.





## Cartoons and Teaching Kits



“A Fantastic Journey for Nana and Nono”



“NM magic house”  
( E-Learning teach material)



The Wonderland of Nanotechnology (Interactive multimedia teaching disc)



Science Fictional Battle -- Chibi with Nanotechnology (animated teaching disc)



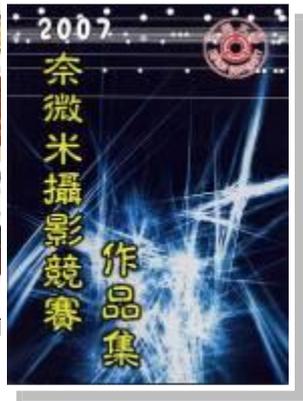
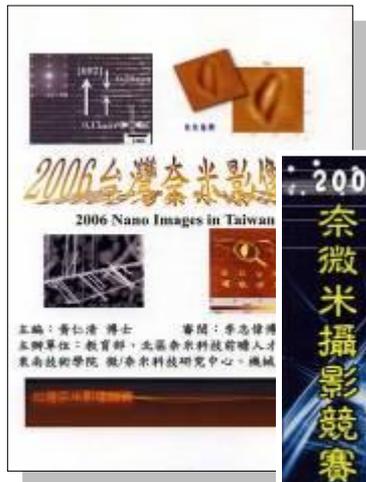
Porkers for Nano-photo catalyst

## Publications for Advanced Education

Nanotechnology  
-Fundamental,  
Applications  
and  
Experiments”



Training  
handbook for  
Atomic Force  
Microscope



Photograph Contest Album of  
Nanoscale Images

# INICIATIVAS EN IRÁN

<http://nano.ir/>

## Bringing Nano to the Public

Programs for popularizing and educating the public in nanotechnology fall into two categories:

1. Training high school and university students in nanotechnology basics
2. Improving public awareness



### بعض نشاطات نادي النانو:

- ❖ إقامة الندوات و المؤتمرات و الدورات التعليمية و دعمها .
- ❖ نشر الكتب و المواضيع التعليمية حول تقنية النانو للطلاب .
- ❖ إقامة رحلات علمية لمشاهدة مراكز تقنية النانو



RED CYTED "JOSÉ ROBERTO LEITE"  
DE DIVULGACIÓN Y FORMACIÓN  
EN NANOTECNOLOGÍA  
(NANODYF)



<http://www.nanodyf.org>

# **3. ¿CÓMO SE ACERCA LA NANOTECNOLOGÍA A LA SOCIEDAD? NANOFORMACIÓN Y NANODIVULGACIÓN.**

# ¿CÓMO LOGRAMOS HACER LLEGAR A LA SOCIEDAD EL TEMA DE LA NANOTECNOLOGÍA?

1. Los métodos convencionales de divulgación tienen una eficiencia y una eficacia relativas. Tienen un efecto muy lento: pocos divulgadores, sin excesivo apoyo o planificación por parte de las AA.PP., y muchos receptores (toda la sociedad).
2. Se debe usar el sistema educativo y la programación docente para insertar estos contenidos: el profesor como divulgador primario.
3. Se busca el efecto amplificador de miles de aulas.
4. Las redes de museos también son piezas clave en el proceso.
5. Formando al profesorado para entender y transmitir una serie de ideas básicas de nanotecnología.
6. Se requiere la complicidad de las administraciones públicas como catalizador del proceso, organizado a gran escala.

# “NANOPILDORAS” DIDÁCTICAS

1. No es viable la introducción de una asignatura de nanotecnología.
2. Insertando contenidos en nanociencia y nanotecnología en momentos concretos del aprendizaje de materias como ciencias naturales, física, química, biología, tecnología, ciencias sociales, etc. a lo largo de toda la etapa preuniversitaria.
3. En función del desarrollo del temario, del momento y oportunidad, del contexto del centro (número y nivel de los alumnos), de los medios a su alcance (laboratorios, salas de ordenadores), etc. el profesor debe elegir la forma en la que introducir “nanocontenidos” en una programación didáctica.
4. Estos pueden reducirse a pequeños ejemplos llamativos que aparecen “espontáneamente” sobre la marcha en el contexto de una clase, o a una clase o práctica de laboratorio completa con el apoyo de transparencias o una demostración.
5. Se debe enfatizar tanto la parte científica como la parte aplicada del conocimiento.

# FUENTES PARA LA DOCENCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA

Los anteriores instrumentos pueden desarrollarse sobre **diferentes recursos existentes** tanto para el alumno como el profesor:

- Artículos en revistas de divulgación.
- Libros de divulgación dirigida a público en general.
- Unidades Didácticas, más enfocadas al alumno y al profesor.
- Eventos y materiales de divulgación preparados en centros de investigación, universidades, centros de apoyo al profesorado, etc. Aquí se incluyen carteles, experimentos, manuales, juegos, etc.
- Páginas web donde se han filtrado, analizado y catalogado cientos de contenidos y recursos para que sean útiles al profesor (glosarios, blogs, fichas de experimentos de laboratorio, programaciones didácticas, videoclips, experimentos virtuales on-line, etc).
- Artículos de divulgación en revistas especializadas o prensa generalista, bancos de datos, imágenes y películas (clips), repositorios de noticias (SINC, Madri+d, AlphaGalileo,...), prensa on-line (Sección nanotecnología de El Mundo,...).
- El profesor también tiende a preparar sus propios materiales educativos, adaptados a su realidad, a partir de otras experiencias y otros contenidos.

# FUENTES PARA LA DOCENCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA

Los estudiantes juegan ya en casa  
o en la red ...

<http://www.ogame.com.es/>



<http://board.ogame.com.es/index.php>

Escrito originalmente por Destructor\_94 // Wednesday, February 6th 2008, 3:51pm

**Nanotecnología avanzada:** La nanotecnología avanzada es la tecnología básica para los grandes imperios que buscan reducir el tiempo de construcción lo máximo posible. Esta tecnología cuanto más avanzada más eficientes serán los nanobots. Requiere mucho cristal ya que se tienen que construir numerosos circuitos eléctricos capaces de suministrar la energía necesaria a los nanobots en fase de actualización.

**Requisitos:** Metal: 30.000 / Cristal: 30.000 / Deuterio: 20.000 / Energía: 300  
/ L.Investigación 10 / Tec.Computación 13 / Tec.Energía 10 / F.Nanobots 2

**Efectos:** A partir del nivel 7 de esta tecnología aumenta la eficacia de los nanos en un 5%. This post has been edited 8 times, last edit by "Destructor\_94" (Feb 6th 2008, 8:58pm)

# **4. ¿QUÉ IDEAS FUNDAMENTALES HAY QUE TRANSMITIR?**

# MENSAJES CLAVE EN NANOTECNOLOGÍA

- Nanoescala: átomos y moléculas. Control de la materia para obtener nuevo conocimiento y más aplicaciones.
- Lo “nano” es diferente: nuevos efectos.
- Existen medios para ver y manipular la materia a nivel atómico.
- Existen técnicas de fabricación que permiten obtener nanomateriales y nanodispositivos con propiedades “a medida”.
- Hay muchos productos que ya incluyen nanotecnología y va a haber muchos más.
- La microelectrónica es nanoelectrónica desde hace 10 años.
- Los nanomateriales han aparecido primero en construcción, automoción, cosmética.
- Alimentación, energía y medicina son sectores de gran desarrollo cercano.
- La nanotecnología se desarrolla en todos los países avanzados, incluyendo España.
- La nanotecnología conlleva riesgos, como todas las tecnologías.
- Ante el riesgo se debe: actuar con precaución, informar, realizar estudios, y elaborar normas.

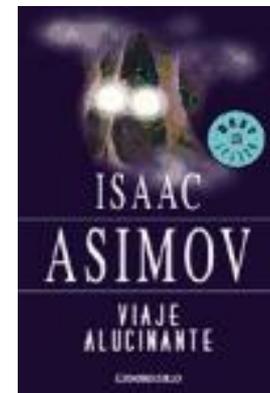
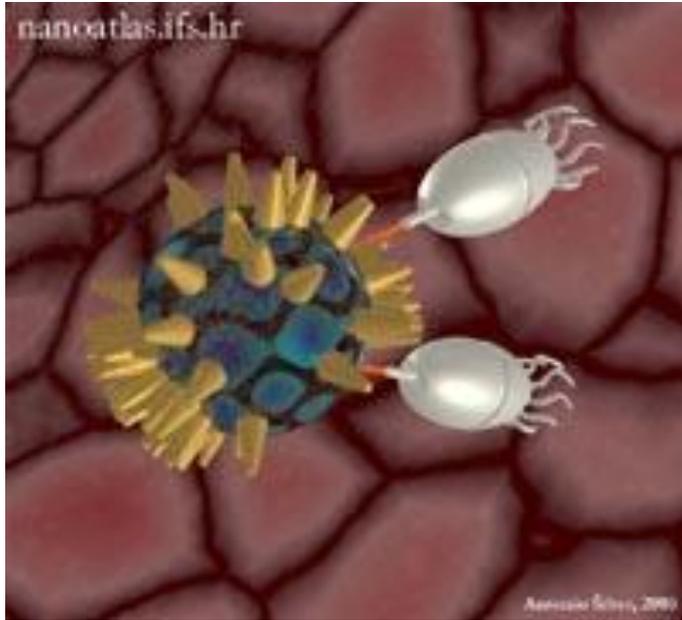
# **5. COMUNICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA: VENTAJAS E INCONVENIENTES**

# PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE LA DIVULGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

La divulgación y la formación de la nanociencia y la nanotecnología requieren de procesos de comunicación que presentan obstáculos específicos que deben tenerse en cuenta. Estos problemas son:

- El manejo de una escala increíblemente pequeña. Los objetos nanométricos no se ven de forma directa, por lo que se requieren modelos intuitivos y cierto grado de abstracción.
- Las técnicas de visualización de átomos y moléculas y los métodos de fabricación de nanoestructuras se basan en complejos fenómenos físicos y químicos.
- El carácter multidisciplinar de la nanociencia y la nanotecnología. Múltiples campos semántico y diferentes técnicas. Se necesita relacionar conceptos.
- La ineludible presencia de conceptos abstractos.
- La existencia de dos términos, nanociencia y nanotecnología, que se usan sin tener en cuenta sus implicaciones.
- La existencia de efectos vinculados al tamaño y la forma de los objetos.
- Los nanoobjetos poseen propiedades que se explican mediante la mecánica cuántica, disciplina poco intuitiva.
- La existencia de ideas preconcebidas sobre la nanotecnología.

# DISTINGUIR LA CIENCIA-FICCIÓN DE LA REALIDAD EXISTENTE O VENIDERA...



# NUEVA TECNOLOGÍA:

## NUEVA JERGA, NUEVOS PROTAGONISTAS

### **JERGA:**

ATOMOS, MOLÉCULAS, NANOOBJETOS, NANOCIENCIA, NANOTECNOLOGÍA, NANÓMETRO, NANOESCALA, NANOMUNDO, EFECTOS DE TAMAÑO, LEY DE MOORE, MINIATURIZACIÓN, NANO ELECTRÓNICA, EFECTOS CUÁNTICOS, GRAFENO, NANOTUBO DE CARBONO, BIOINSPIRACIÓN, NANOPARTÍCULA, AUTOENSAMBLADO, SINERGÍAS, MULTIDISCIPLINAR, CRISTAL FOTÓNICO, PUNTO CUÁNTICO, CONVERGENCIA TECNOLÓGICA, BOTTOM-UP, TOP-DOWN, SONDAS LOCALES, MICROSCOPIAS, STM, AFM, TEM, SEM, NANOMANIPULACIÓN, NANOLITOGRAFÍA, NANOMATERIALES, NBIC, NANOTOXICOLOGÍA, NANOBOT, NANOMEDICINA, NANOÉTICA.

### **PROTAGONISTAS:**

FEYNMAN, DREXLER, ROHRER, BINNIG, KROTO,...

# VENTAJAS ESPECÍFICAS DE LA DIVULGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

- Se trata de ciencia moderna, muy actual, cercana a la que se hace en los laboratorios.
- La nanotecnología permite acercar a la población contenidos científicos de muy diversa índole gracias a su carácter multidisciplinar.
- Permite mostrar ejemplos en diversos campos de aplicación, con ejemplos extraídos de la vida cotidiana, por lo que se puede captar mejor la atención.
- La nanotecnología es un tema de moda entre los más jóvenes que lo conocen a través de películas, internet, etc. y puede convertirse en instrumento útil para incentivar la curiosidad y el interés por la ciencia en general, y un instrumento para fomentar la aparición de nuevas vocaciones científicas. Se debe aprovechar el halo de fascinación que provoca el tema “nano” en los estudiantes.

# **6. RECURSOS DIDÁCTICOS**

# ¿QUÉ ES UN RECURSO DIDÁCTICO?

Un recurso didáctico es todo medio material (ficha, libro, texto, pizarra, video, proyector, maqueta, computador,...), conceptual (ejemplo, simulación) o actividad (visita) que se utiliza como apoyatura en la enseñanza, normalmente presencial, con la finalidad de facilitar o estimular el aprendizaje, facilitando al docente su función educativa.

Las funciones de estos recursos son:

- Proporcionar información al alumno.
- Guiar el aprendizaje de forma organizada.
- Ejercitar y desarrollar habilidades y destrezas.
- Despertar e impulsar la motivación, creando interés hacia el contenido del mismo.
- Ayudar a evaluar los conocimientos de los alumnos en cada momento, ya que normalmente suelen contener una serie de cuestiones sobre las que queremos que el alumno reflexione.
- Proporcionar un entorno para la expresión del alumno.

# ¿QUÉ ES UN RECURSO DIDÁCTICO?

Para elaborar un recurso didáctico se debe tener en cuenta:

- Qué queremos enseñar al alumno.
- Proporcionar explicaciones claras y sencillas. Realizaremos un desarrollo previo de las mismas y los ejemplos que vamos a aportar en cada momento.
- La cercanía del recurso, es decir, que sea conocido y accesible para el alumno.
- Apariencia del recurso. Debe tener un aspecto agradable para el alumno, por ejemplo añadir al texto un dibujo que le haga ver rápidamente el tema del que trata y así crear un estímulo atractivo para el alumno.
- Interacción del alumno con el recurso. Qué el alumno conozca el recurso y cómo manejarlo.

Más información:

<http://www.pedagogia.es/recursos-didacticos/>

APARICI, R.; GARCÍA, A. (1988). El material didáctico de la UNED. Madrid: ICE-UNED AREA, Manuel (1991b). Los medios, los profesores y el currículum. Barcelona: Sendai

# TIPOS DE RECURSOS DIDÁCTICOS

- Pequeñas presentaciones o carteles realizados por el profesor basados en materiales obtenidos de libros, UD's, páginas web, noticias, fichas didácticas, artículos de divulgación, etc.
- Pequeños experimentos, modelos y demostraciones.
- Resolución de problemas de diferente dificultad.
- Recomendación de lecturas.
- Planteamiento de debates.
- Uso de juegos de mesa, on-line, concursos, yincanas, etc.
- Asistencia a museos de la ciencia, exposiciones reales o virtuales, maratones científicos, visitas guiadas a centros de investigación.
- Elaboración de trabajos sobre nanotecnología (búsqueda, organización, distribución de tareas, exposición), a partir de diversas fuentes.
- Participación en ferias (stands escolares) o campamentos científicos.
- Participación en concursos (Ciencia en Acción, Programa Investiga IDI de la Fundación San Patricio, etc.).

# **7. RECURSOS DIDÁCTICOS: UNIDAD DIDÁCTICA**

**“NANOSCALE SCIENCE  
Activities for Grades 6-15”**

**National Science Teachers Association**

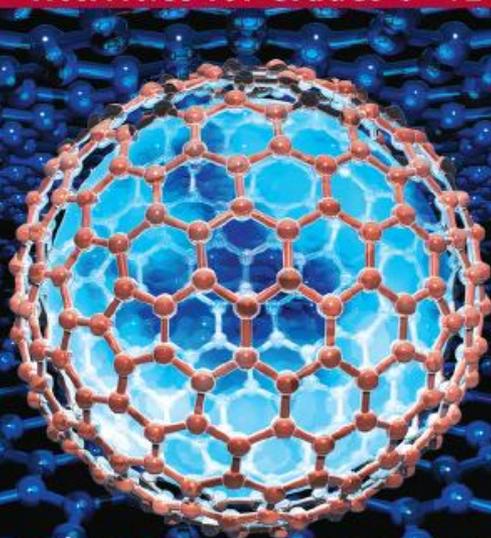


<http://www.nsta.org/>

# NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOC.

# NANOSCALE SCIENCE

Activities for Grades 6–12



M. Gail Jones • Michael R. Falvo • Amy R. Taylor • Bethany P. Broadwell

**NSTA**press  
NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION

Claire Reinburg, Director  
Judy Cusick, Senior Editor  
Andrew Cocke, Associate Editor  
Betty Smith, Associate Editor  
Robin Allan, Book Acquisitions Coordinator

ART AND DESIGN  
Will Thomas, Director  
Joanne Moran, Assistant Art Director, Cover and Inside Design

PRINTING AND PRODUCTION  
Catherine Lorrain, Director  
Nguyet Tran, Assistant Production Manager  
Jack Parker, Electronic Prepress Technician

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION  
Gerald F. Wheeler, Executive Director  
David Beacom, Publisher

Copyright © 2007 by the National Science Teachers Association.  
All rights reserved. Printed in the United States of America.  
10 09 08 07 4 3 2 1

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Nanoscale science : activities for grades 6-12 / M. Gail Jones ... [et al.]  
p. cm.  
Includes index.  
ISBN 978-1-933531-05-2

1. Nanoscience. 2. Nanostructures. 3. Nanotechnology. 4. Science--Study and teaching (Secondary)--Activity programs. 5. Technology--Study and teaching (Higher)--Activity programs. I. Jones, M. Gail, 1955-  
QC176.8.N35N35577 2007  
620'.5--dc22

2007006376

*NSTA is committed to publishing material that promotes the best in inquiry-based science education. However, conditions of actual use may vary, and the safety procedures and practices described in this book are intended to serve only as a guide. Additional precautionary measures may be required. NSTA and the authors do not warrant or represent that the procedures and practices in this book meet any safety code or standard of federal, state, or local regulations. NSTA and the authors disclaim any liability for personal injury or damage to property arising out of or relating to the use of this book, including any of the recommendations, instructions, or materials contained therein.*

Permission is granted in advance for photocopying brief excerpts for one-time use in a classroom or workshop. Requests involving electronic reproduction should be directed to Permissions/NSTA Press, 1840 Wilson Blvd., Arlington, VA 22201-3000; fax 703-526-9754. Permissions requests for coursepacks, textbooks, and other commercial uses should be directed to Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Dr., Danvers, MA 01923; fax 978-646-8600; [www.copyright.com](http://www.copyright.com).

**NSTA**press  
NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION

Copyright © 2007 by the National Science Teachers Association.  
ISBN 978-1-933531-05-2

## Introduction

Chapter 1. Fact or Fiction: Exploring the **Myths and Realities of Nanotechnology**

## Part I. Size and Scale

Chapter 2. That's Huge!

Chapter 3. **One in a Billion**

Chapter 4. Nano Shapes: Tiny Geometry

Chapter 5. **Biological Nanomachines: Viruses**

## Part II. Tools and Techniques

Chapter 6. What's in Your Bag? Investigating the Unknown

Chapter 7. NanoMagnets: Fun With **Ferrofluid**

Chapter 8. **Scanning Probe Microscopy**

## Part III. Unique Properties and Behaviors

Chapter 9. It's a Small World After All: Nanofabric

Chapter 10. Biomimicry: The Mystery of the **Lotus Effect**

Chapter 11. How Nature Builds Itself: **Self-Assembly**

Chapter 12. **Physics Changes With Scale**

Chapter 13. Shrinking Cups: **Changes in the Behavior of Materials at the Nanoscale**

Chapter 14. Limits to Size: Could King Kong Exist?

## Part IV: Nanotechnology Applications

Chapter 15. **NanoMaterials: Memory Wire**

Chapter 16. Nanotech, Inc

Chapter 17. **NanoMedicine**

Chapter 18. Building Small: Nano Inventions

## Part V: Societal Implications

Chapter 19. Too Little Privacy: **Ethics of Nanotechnology**

Chapter 20. **Promise or Peril: Nanotechnology and the Environment**

Appendix & Index

**TABLE 2** .....  
**NANO INVESTIGATIONS AND THE SCIENCE DOMAINS.**

Investigations	Biology	Physics	Chemistry	Mathematics	Environment
<b>Introduction</b>					
Fact or Fiction? Exploring the Myths and Realities of Nanotechnology	•	•	•	•	•
<b>Size and Scale</b>					
That's Huge!				•	
One in a Billion			•	•	
Nano Shapes: Tiny Geometry		•	•	•	
Biological Nanomachines: Viruses	•	•		•	
<b>Tools and Techniques</b>					
What's in Your Bag? Investigating the Unknown		•			
NanoMagnets: Fun With Ferrofluid		•	•		
Scanning Probe Microscopy		•			
<b>Unique Properties of Nano Materials</b>					
It's a Small World After All: Nanofabric		•	•		
Biomimicry: The Mystery of the Lotus Effect	•	•	•		
How Nature Builds Itself: Self-Assembly		•	•		
Physics Changes With Scale		•		•	
Shrinking Cups: Changes in the Behavior of Materials at the Nanoscale		•	•	•	
Limits to Size: Could King Kong Exist?	•			•	
<b>Nanotechnology Applications</b>					
NanoMaterials: Memory Wire		•	•		
Nanotech, Inc.	•	•	•		
NanoMedicine	•	•	•		
Building Small: Nano Inventions	•	•			•
<b>Societal Implications</b>					
Too Little Privacy: Ethics of Nanotechnology					•
Promise or Peril: Nanotechnology and the Environment	•	•	•		•

The gold that coats the nanoshell is an inert metal that easily absorbs light and the rate of absorption and reflection depends on the thickness of the gold layer. This differential rate of absorption means the nanoshell can be used for locating and treating cancer. When nanoshells are coated with antibodies and injected into the body, they are delivered by the body to a specific cancer where antibodies on the nanoshell attach to antigens on cancer cells. When a laser is shown on the cancerous area, the gold nanoshells heat up—essentially cooking the cancer while the surrounding healthy cells are unharmed. In addition to treating the cancer, a similar process is used to attach fluorescent dyes to nanoshells. When the fluorescent dyes

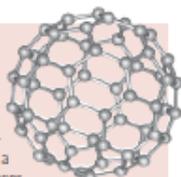


## CHAPTER 12

# PHYSICS CHANGES WITH SCALE

### OVERVIEW

At the nanoscale, a completely different set of forces and interactions are experienced by molecules and atoms than we experience at the human scale. How do properties change with scale? Why is gravity so important to our daily lives but relatively unimportant to a molecule or a virus in our body? This exercise introduces the concept of scale-dependent properties to students as they explore how the sizes of materials change their behavior.



### OBJECTIVES

- To describe scale-dependent properties.

### Process Skills

- Observing
- Measuring
- Predicting

### Activity Duration

60 minutes

### BACKGROUND

One of the most fascinating aspects of the nanoscale is that properties that we don't typically think of as size-dependent, like color or magnetism, become size-dependent as objects approach this tiny scale. Also, forces that are not apparent to us at the human scale (like hydrogen-bonding forces) are much more important than familiar forces like gravity. In other words there is a changeover in the dominance of one force over another. For example, as we approach the molecular scale, the stickiness of intermolecular bonding begins to completely overwhelm any influence of gravity. In this exercise, students are given a concrete example of a switch in dominance between two competing properties (inertia and wind resistance) with

the changing size of an object. This exercise also provides a very clear example of the importance of understanding the relative scaling of surface to volume as things get smaller or larger.

### MATERIALS

#### Each group will need:

- Set of 4 or 5 Styrofoam balls of diameters: ½", 1", 2", 3", and 4". These particular diameters are not important as long as there are some down at 1" and below (the smaller the better), some above 3", and some in between.
- Ruler
- Balance
- Clear area to throw balls across the room. This is preferably done indoors to avoid effects of wind outside. A school hallway or gym would be ideal.
- Student Sheets 1 and 2

### PROCEDURES

**ENGAGE** Divide students into groups of 2 or 3 and provide each group with a set of Styrofoam balls. Have the students determine the density of each ball. The density of the balls should be close to the same (within 10–20%). Density can be determined by measuring the mass of each ball and dividing by the volume. This verification indicates that though the balls are of different sizes, they are the same otherwise (same material, same density). Density of Styrofoam should fall in the range of 0.01 g/cm<sup>3</sup> to 0.03 g/cm<sup>3</sup>.

**Helpful Hint:** The density of the Styrofoam used to test this exercise was roughly 0.03 g/cm<sup>3</sup>.



#### Surface Area:

$$a = 4\pi r^2$$

#### Volume:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

# STUDENT SHEET 1

## PHYSICS CHANGES WITH SCALE

Name \_\_\_\_\_

### Problem

How far can you throw Styrofoam balls of different sizes? How fast can you throw them? Is there a difference in behavior between big and small balls? Why?

### Prediction

- I predict that I will be able to throw the \_\_\_\_\_ ball the furthest.
- I predict that I will be able to throw the \_\_\_\_\_ ball the fastest.

### Materials

Styrofoam Balls (½", 1", 2", 3", and 4" sizes)

### Calculations

Determine the mass, volume, and density. Record your calculations in Table 1.

### Process

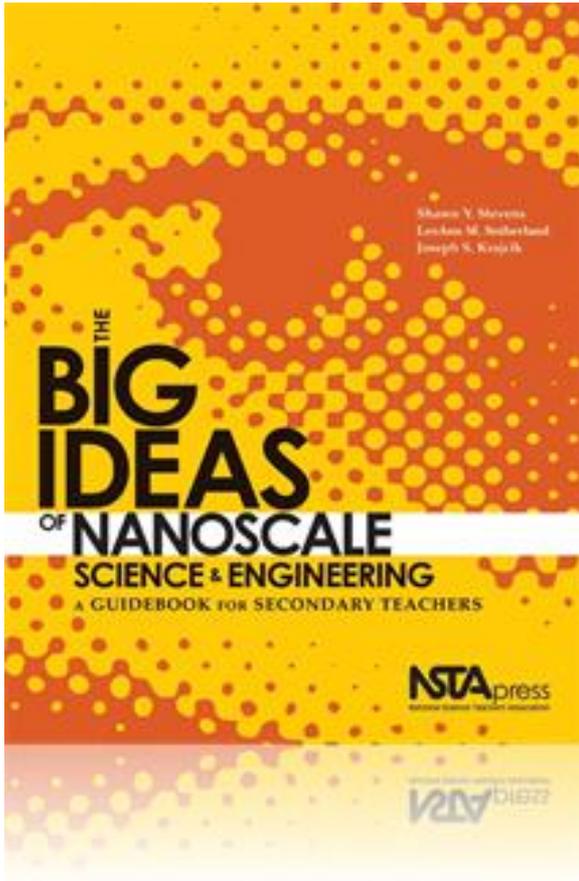
Predict which ball will travel the furthest.

Prediction:

**TABLE 1** TOSS EACH BALL THREE TIMES AND RECORD THE DISTANCE TRAVELED. DISCUSS YOUR RESULTS WITH YOUR GROUP IN LIGHT OF YOUR PREDICTION.

Ball Size (diameter)	Mass	Volume	Density	Original Prediction (Which will go farthest?)	Toss 1 Distance	Toss 2 Distance	Toss 3 Distance
½ inch							
1 inch							
2 inches							
3 inches							
4 inches							

# OTROS MATERIALES DE LA NSTA



**The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering: A Guidebook for Secondary Teachers**

By: [Shawn Y. Stevens](#), [LeeAnn M. Sutherland](#), and [Joseph S. Krajcik](#)

\$15.96 - Member Price

\$19.95 - Nonmember Price

\$11.95 - Sale Price



**Extreme Science: From Nano to Galactic**

By: [M. Gail Jones](#), [Amy R. Taylor](#), and [Michael R. Falvo](#)

1

\$19.96 - Member Price

\$24.95 - Nonmember Price

\$12.95 - Sale Price

# **8. RECURSOS DIDÁCTICOS: GUÍA “COMMUNICATING NANOTECHNOLOGY**

**Why, to whom, saying what and how?”**

# **COMMUNICATING NANOTECHNOLOGY**

## **Why, to whom, saying what and how?**

**An action-packed roadmap towards a brand new dialogue  
edited by the European Commission  
DG RTD  
Directorate Industrial Technologies**

Guía desarrollada por la comisión europea en 2010 para facilitar el desarrollo de estrategias de comunicación de la nanotecnología.

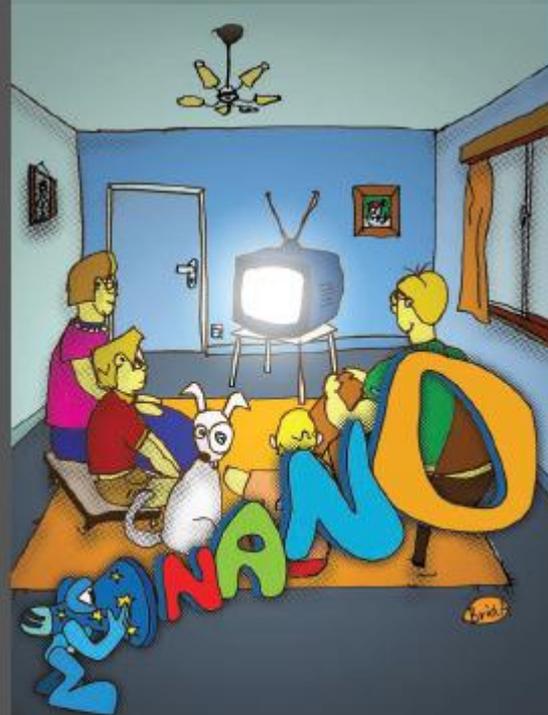
La guía se puede descargar de la dirección:

[http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/publications-reports\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/publications-reports_en.html)

[http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/communicating-nanotechnology\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/communicating-nanotechnology_en.pdf)

## Communicating Nanotechnology

Why, to whom, saying what and how?



EUROPEAN COMMISSION

## COMMUNICATING NANOTECHNOLOGY

*Why, to whom, saying what and how?*

An action-packed roadmap towards a brand new dialogue



Edited by the European Commission  
DG RTD  
Directorate Industrial Technologies

# ÍNDICE

## INTRODUCTION

### PART I. WHAT IS IT FOR?

Framing the Communication Roadmap

1.1 **Nature of the topic**

1.2 Parameters of the topic

1.3 Analysing, targeting and implementing the topic

### PART II. WHERE ARE WE NOW?

Analysing the relevant literature and EC activities

2.1 The **current perception** of nanotechnology

2.2 Key **EC policy documents on communicating nanotechnology**

2.3 Theory of communicating science and technology

2.4 **Key nanotechnologies to prioritise** in communication

2.5 EC-funded projects on communicating nanotechnologies

2.6 Assessing the EC-developed communication on nanotechnology

2.7 Conclusions: future EC communication on nanotechnology

## **PART III. WHERE DO WE WANT TO BE?**

Targeting, structuring and designing the Communication Roadmap

3.1 At a glance: **The 'Five Ws' of nano-communication** (plus three welcome additions)

3.2 Getting deeper into the **big questions of nano-communication**

3.3 A close-up look at the big questions of nano-communication

## **PART IV. HOW DO WE GET THERE?**

Implementing the Communication Roadmap

4.1 EC 'Communication and **Dialogue Recipes**' on nanotechnology

4.2 EC 'Communication and **Dialogue Menu**' on nanotechnology

## **PART V. WHERE and WHEN IS IT HAPPENING?**

A sound schedule for the Communication Roadmap

5.1 **Outreach figures**: discussion

5.2 Conclusions

**9. RECURSOS DIDÁCTICOS:  
UNIDAD DIDÁCTICA**

**“NANOTECHNOLOGIES:**

**Principles, Applications, Implications and  
Hands-on Activities”**



# NANOTECHNOLOGIES

Principles, Applications,  
Implications and  
Hands-on Activities

*A compendium for educators*



Research and  
Innovation

EUR 24957

EUROPEAN COMMISSION

## NANOTECHNOLOGIES: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities

**A compendium for educators**

Edited by the European Commission  
Directorate-General for Research and Innovation  
Industrial technologies (NMP) programme  
Authors:  
Luigia Filippini and Duncan Sutherland

Directorate-General for Research and Innovation  
Industrial technologies (NMP)

2013

EUR 24957

# **NANOTECHNOLOGIES: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities**

**EUROPEAN COMMISSION  
Directorate-General for Research and Innovation  
Industrial technologies (NMP)  
A compendium for educators**

Guía desarrollada en el marco del proyecto europeo NANOYOU (FP7).y enriquecido por materiales del proyecto TimeforNano. (FP7). se publicó en 2012. Esta guía tiene una buena descripción, extensa, de la nanotecnología, su historia, y aplicaciones.

La guía se puede descargar de la dirección:

[http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/publications-reports\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/publications-reports_en.html)

[http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/nano-hands-on-activities\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf)

## **MODULE 1: FUNDAMENTALS**

Chapter 1: **Introduction** to nanoscience and nanotechnologies

Chapter 2: Nanoscience in **nature**

Chapter 3: **History** of nanotechnologies

Chapter 4: Fundamental '**nano-effects**'

Chapter 5: **Overview** of nanomaterials

Chapter 6: **Characterisation** methods

Chapter 7: **Fabrication** methods

## **MODULE 2: APPLICATIONS AND IMPLICATIONS**

Chapter 1: Medicine and **healthcare**.

Chapter 2: **Environment**

Chapter 3: **Energy**

Chapter 4: Information and **Communication Technologies**

## **MODULE 3: EXPERIMENTS**

Experiment A: **Natural nanomaterials**

Experiment B: **Liquid crystals**

Experiment C: **Colorimetric gold nanosensor**

Experiment D: **Superhydrophobic materials**

## **CONCLUSIONS**

## **BIBLIOGRAPHY AND EXTRA READING FOR STUDENTS AND TEACHERS**

# EXPERIMENTO C: NANOSENSOR COLORIMETRICO DE ORO

## EXPERIMENT C:

### COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

#### MATERIAL INCLUDED IN THIS EXPERIMENT PACKAGE

##### *For teachers:*

TEACHER RESOURCES — EXPERIMENT C: COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

##### *For students:*

STUDENT BACKGROUND READING — EXPERIMENT C: COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

STUDENT SYNTHESIS PROCEDURE — EXPERIMENT C: COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

STUDENT LABORATORY WORKSHEET — EXPERIMENT C: COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

**LEVEL OF EXPERIMENT:** Advanced

**DISCLAIMER:** The experiments described in the following training kit use chemicals which must be used according to MSDS specifications and according to specific school safety rules. Personal protection must be used as indicated. As with all chemicals, take precautions. Solids should not be inhaled and contact with skin, eyes and clothing should be avoided. Wash hands thoroughly after handling chemicals. Dispose of materials as indicated. All experiments must be conducted in the presence of an educator trained in science teaching. All experiments are carried out at your own risk. Aarhus University (iNANO) and the entire NANOYOU consortium assume no liability for damage or consequential losses sustained as a result of carrying out the experiments described.

## TEACHER RESOURCES

### COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

**AIM:** Plasmonic colorimetric nanosensors are used in nanomedicine because they allow the precise detection of specific analytes with high sensitivity and without the need for a label. In a colloidal plasmonic biosensor (e.g. a sensor made of gold nanoparticles), the sensing event results in a change of aggregation in the colloid, which can determine a colour change of the colloid. The aim of this experiment is to synthesise and test a plasmonic colorimetric sensor. First, the students will synthesise a colloid of gold nanoparticles and learn that the colour of the gold colloid is ruby-red, rather than golden as for bulk gold, so they will have direct evidence that the size of a material at the nanoscale is fundamentally important in determining its properties. The gold colloid prepared is then tested as a chemical colorimetric sensor: by adding a salt to the colloid, its agglomeration changes, which results in a change in colour (from ruby-red to blue). In the experiment, students test other solutions, such as sugar, and observe the effect on the colloid. The last test involves the use of a protein and shows how these can coat the nanoparticles to a point they can no longer aggregate.

**FIELD OF NANOTECHNOLOGY APPLICATION:** Medicine

**EXTRA TEACHER READING:** Module 1, Chapter 4: Fundamental 'nano-effects', and Module 2, Chapter 1: Medicine and healthcare, in the NANOYOU Teachers Training Kit in Nanotechnologies

#### **REQUIRED STUDENT PRE-KNOWLEDGE:**

- Electromagnetic radiation, colour and absorbance, light scattering
- Concept of bio-recognition

#### **STUDENT READING:**

- NANOYOU Student Background Reading — Experiment C: Colorimetric gold nanosensor

#### **EXPECTED OUTCOMES:**

- Understanding of the effect of size on the properties of a familiar material such as gold
- Properties of colloids; optical properties of gold nanoparticles
- Understanding of the use of metal colloids for sensing and in particular medical diagnostics

#### **STUDENT ASSESSMENT:**

- NANOYOU Student Laboratory Worksheet — Experiment C: Colorimetric gold nanosensor

## STUDENT BACKGROUND READING

### COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR

In this experiment, you will synthesise and test a plasmonic colorimetric nanosensor made of nanoparticles of gold. Here some background information is provided so you can make the most of this experiment.

#### What do you know already about gold?

Think of gold as you know it. Gold (Au, atomic number 79) is the most malleable and ductile of all metals; it can be beaten to very thin sheets of material and rolled or bent as desired. This has been known and done for centuries. The colour of pure gold is metallic yellow (golden). You have probably seen or heard of 'rose gold' or 'white gold', but these are not made of pure gold; these are alloys of gold, they contain other metals such as copper and silver (Figure 1).

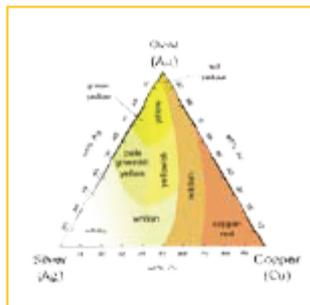


Figure 1: Approximate colours of Ag-Au-Cu alloys

Image: Wiki Commons, Creative Commons Attribution  
ShamAliikr 3.0

**What about gold's reactivity?** Gold is very stable and non-toxic and, for this reason, is widely used in jewellery and dentistry because it is air-inert and is not affected by most chemicals. Gold is also a good conductor of heat and electricity (which is due to the fact that conduction electrons are free to move around the nucleus); it is corrosion-resistant so it is used for electronic contacts and other electronic applications. Gold has also numerous other applications: for example, thin layers of gold (so thin as to be transparent) are applied to the windows of large buildings to increase the amount of sunlight reflected by the window. This way, less air conditioning is required in summer to keep the building cool. In this experiment, nanoparticles of gold (or 'nano-gold') will be investigated.

## STUDENT SYNTHESIS PROCEDURE

### COLORIMETRIC GOLD NANO-SENSOR

The synthesis procedure for EXPERIMENT C: Colorimetric gold nano-sensor included in the Experiment Module of the NANOYOU Teachers Training Kit in Nanotechnologies for students aged 14–18 now follows.

**DISCLAIMER:** The experiments described in the following training kit use chemicals which must be used according to MSDS specifications and according to specific school safety rules. Personal protection must be used as indicated. As with all chemicals, take precautions. Solids should not be inhaled and contact with skin, eyes and clothing should be avoided. Wash hands thoroughly after handling chemicals. Dispose of materials as indicated. All experiments must be conducted in the presence of an educator trained in science teaching. All experiments will be carried out at your own risk. Aarhus University (iNANO) and the entire NANOYOU consortium assume no liability for damage or consequential losses sustained as a result of carrying out the experiments described.

## MATERIALS

### Chemicals

- 0.1 g  $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich No G4022)
- 0.5 g  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich No S4641)
- 1 litre distilled water

### Glassware/labware

- eye protection
- latex or nitrile gloves
- paper towels
- cylinders: 10 ml, 50 ml and 500 ml cylinder
- glass pipettes: 5 ml and 25 ml
- 50 ml Erlenmeyer flask or beaker
- four disposable plastic capsules for measuring solids
- spatula
- glass bottles: 500 ml, two small bottles 25 ml or two beakers 25 ml
- aluminium foil
- laser pen
- stirring hotplate
- magnetic stir bar

# STUDENT LABORATORY WORKSHEET

## GOLD COLORIMETRIC NANOSENSOR

Student name:.....

Date:.....

### AIM:

- Understanding of the effect of size on the properties of a familiar material such as gold
- Properties of colloids
- Optical properties of gold nanoparticles
- Understanding of the use of gold colloids in biosensors and in particular for medical diagnostics

### BEFORE YOU FILL IN THIS WORKSHEET

- Read STUDENT BACKGROUND READING — EXPERIMENT C: COLORIMETRIC GOLD NANOSENSOR
- Ask your teacher questions you have

**DISCLAIMER:** The experiments described in the following training kit use chemicals which must be used according to the MSDS specifications and according to specific school safety rules. Personal protection must be used as indicated. As with all chemicals, take precautions. Solids should not be inhaled and contact with skin, eyes and clothing should be avoided. Wash hands thoroughly after handling chemicals. Dispose of materials as indicated. All experiments must be conducted in the presence of an educator trained in science teaching. All experiments are carried out at your own risk. Aarhus University (iNANO) and the entire NANODYOU consortium assume no liability for damage or consequential losses sustained as a result of carrying out the experiments described.

## PROCEDURE

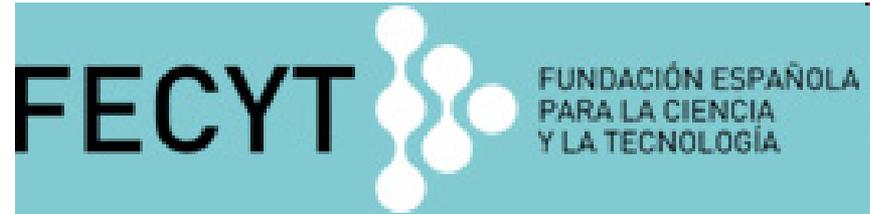
### 1. Gold and its properties

Complete this table about the **properties of gold**.

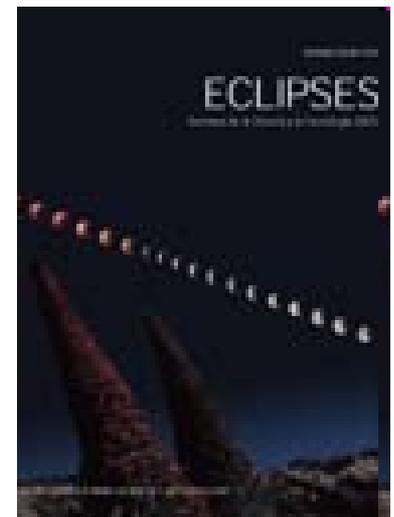
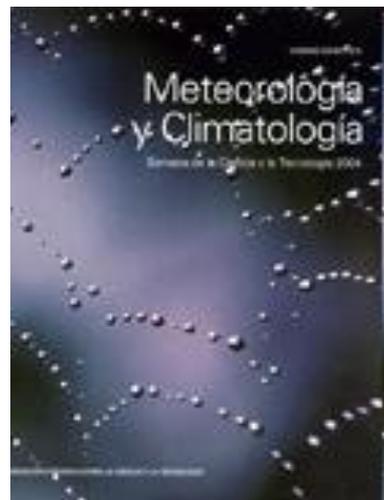
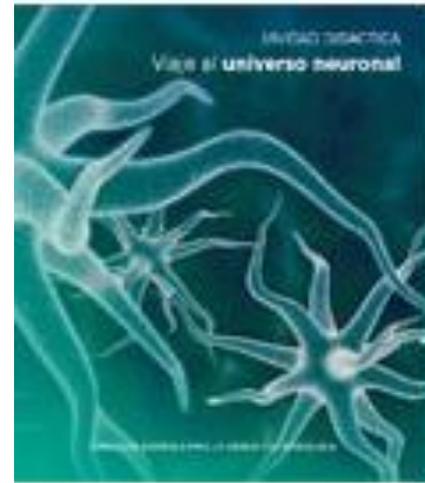
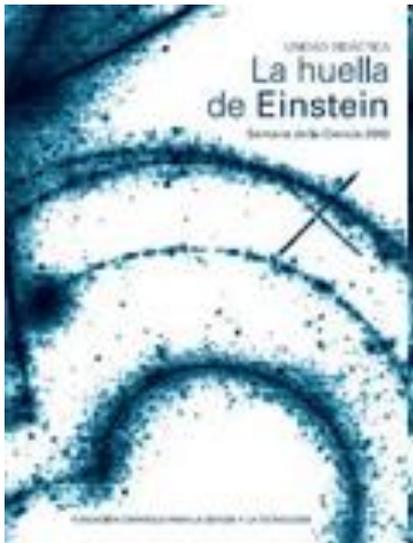
	COLOUR	CONDUCTIVITY and REACTIVITY	APPLICATIONS
BULK GOLD			
NANO-GOLD			

**10. RECURSOS DIDÁCTICOS:  
UNIDAD DIDÁCTICA  
“NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA  
ENTRE LA CIENCIA FICCIÓN DEL  
PRESENTE Y LA TECNOLOGÍA DEL  
FUTURO”.**

# UNIDADES DIDÁCTICAS DE LA FECYT

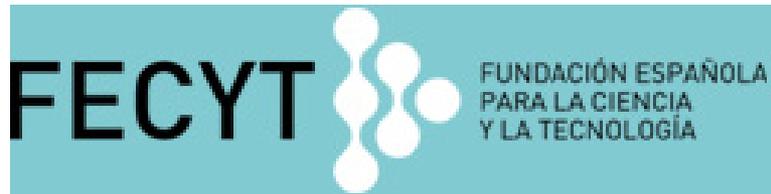


<http://www.fecyt.es>

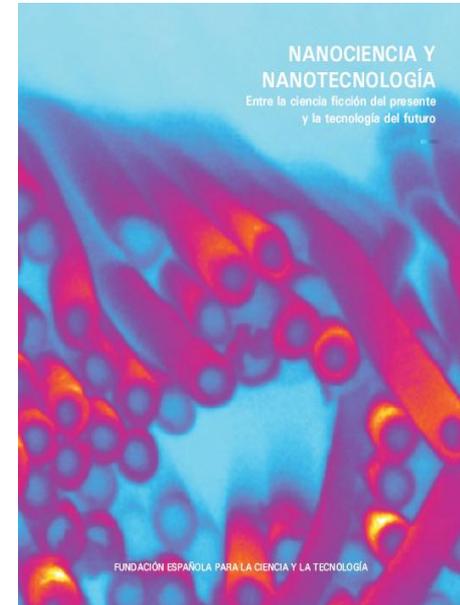


# UNIDAD DIDÁCTICA

## “NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA ENTRE LA CIENCIA FICCIÓN DEL PRESENTE Y LA TECNOLOGÍA DEL FUTURO”.



<http://www.fecyt.es>



Se descarga en:

<http://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-nanociencia-y-nanotecnologia-entre-la-ciencia-ficcion-del-presente-y-la>

<http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article193>  
<http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf>

# LA NECESIDAD DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA

- **Aumento de los conocimientos de la comunidad educativa (y del público en general) sobre de un tema emergente, fascinante, de importancia creciente por sus aplicaciones en muchos sectores (pilar de la revolución industrial del siglo XXI).**
- La NT conlleva beneficios y riesgos y hay que **despertar un sentido crítico.**
- La nueva asignatura “**Ciencias para el Mundo Contemporáneo**” es una ocasión para hacer llegar estos contenidos al futuro ciudadano.
- El atractivo y sorprendente tema “nano” puede servir para **desarrollar futuras vocaciones científicas**, al igual que otros temas científicos como la biología, la ecología, la astronomía, sirven para “enganchar” a los más jóvenes.
- **Otros países**, como Taiwán, Francia, Japón, EE.UU. o Alemania nos llevan mucha delantera en formación/divulgación de la NT en los niveles de educación primaria y secundaria.

# AUTORES

José Ángel Martín Gago, ICMM-CSIC (coord.)

Elena Casero, UAM

Carlos Briones, INTA-CAB

Pedro A. Serena Domingo, ICMM-CSIC



# EL PROCESO DE ELABORACIÓN

- Cuatro investigadores como autores (físicos, químicos, biólogos) pero con gran coordinación (varias lecturas hasta convergencia en textos).
- Evaluación intermedia de contenidos por parte de profesores de ESO/Bachillerato.
- Durante las fases iniciales de escritura se visitaron 9 centros de toda España para adecuar el nivel (400 alumnos fueron sometidos a encuestas, recibieron información sobre lo que es la NT, desarrollaron temas, hicieron ilustraciones para el libro, redacciones, etc).
- Los alumnos han contribuido en la redacción y el planteamiento del libro.

"Con los nuevos materiales se podrán fabricar estructuras para la construcción, nuevos sistemas de comunicación (un nuevo tipo de cables), nuevo hardware para los dispositivos electrónicos, chalecos antibalas (la tecnología bélica es la más avanzada), etcétera".

(Sergio, 1º de Bachillerato, I.E.S. Rosa Chacel).

"Un material muy resistente y ligero podría utilizarse para construir vehículos con mayor velocidad y menos contaminación, ya que con motores pequeños y poco peso la relación potencia/peso sería altísima".

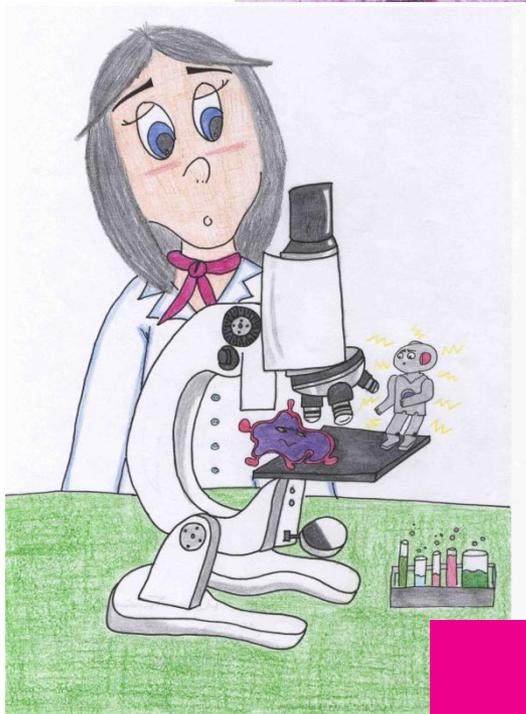
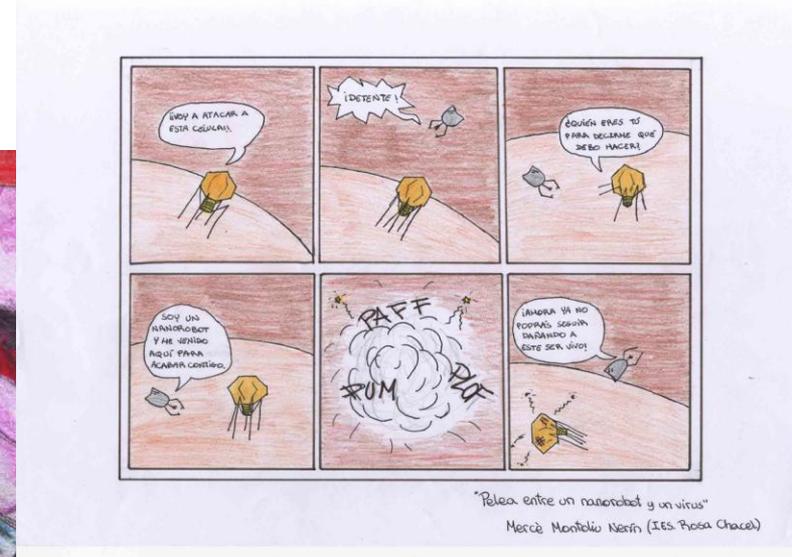
(David, 1º de Bachillerato, I.E.S. Rosa Chacel).

"La nanotecnología puede ser usada para crear dispositivos no detectables, como micrófonos o cámaras de tamaño de una molécula, que ayudaría mucho a todas las investigaciones policiales".

(Irene, 1º de Bachillerato, I.E.S. Marco Fabio Quintiliano).

"La nanotecnología permitirá encadenar el potencial de millones de motores nanométricos que funcionen sin gasolina. Quizás con estos motores se alcance la velocidad de la luz".

(Álvaro, 4º E.S.O., Centro Escolar Amanecer).



"Las cosas por pequeñas que sean pueden esconder un mundo en su interior". (Jennifer, 1º Bachillerato, I.E.S. Marco Fabio Quintiliano).

"Yo crearía un mundo nanométrico para que ese mundo fuese perfecto". (José, 2º Bachillerato, I.E.S. Sorolla).

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

CAPITULO	TITULO
1	NANO-INTRO: EL NANO-MUNDO A VISTA DE PÁJARO
2	NANO-HERRAMIENTAS O EL ARTE DE VER, TOCAR, MOVER, Y ESCRIBIR
3	NANO-MATERIALES: NUEVOS MATERIALES PARA UN NUEVO SIGLO
4	NANO-QUÍMICA: LA DANZA DE LAS MOLÉCULAS
5	NANO-BIOTECNOLOGÍA: EN BUSCA DE LOS SECRETOS DE LA VIDA
6	NANO-ELECTRÓNICA: DEL SILICIO A LAS MOLÉCULAS
7	NANO-SIMULACIÓN: EL LABORATORIO EN UN ORDENADOR
8	NANO-APLICACIONES: DEL LABORATORIO AL ESCAPARATE
9	NANO Y SOCIEDAD: IMPLICACIONES SOCIALES DE LA NANOTECNOLOGIA
ANEXO I	SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS
ANEXO II	LECTURAS COMPLEMENTARIAS
ANEXO III	AUTORES

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

Cuadros Específicos: 17

Ejercicios y Ejemplos: 39.

Son de diferente tipo y nivel, desde sencillos ejercicios numéricos, búsquedas en internet, planteamiento de debates, hasta preparación de nanopartículas en el laboratorio.

Figuras: 134.

Se ha pretendido que un alto porcentaje de las mismas, cuando se refieren a imágenes de materiales sintetizados o dispositivos experimentales, corresponda a **grupos de investigación españoles**. Es necesario hacer ver a los alumnos que **en España se hace buena ciencia** y que hay lugar para más jóvenes investigadores.)

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## 17 CUADROS ESPECIFICOS

LA TEORÍA CUÁNTICA

EL DISCURSO DE FEYNMAN

¿CÓMO LLEGAR A SER NANOTECNOLOG@?

LA "MAGIA" DE LA FÍSICA CUANTICA PARA CONSTRUIR MICROSCOPIOS

ALBA, EL SINCROTÓN ESPAÑOL: UNA HERRAMIENTA KILOMÉTRICA PARA ESTUDIAR OBJETOS NANOMÉTRICOS

CONSTRUYENDO "MACRO"-TUBOS DE CARBONO

ENTREVISTA CON CARLOS GUTIERREZ (Arquitecto)

LA TELA DE ARAÑA Y LA CABRA "SPIDERMAN"

LA NANOTECNOLOGÍA MUEVE MONTAÑAS: MÁQUINAS MOLECULARES

LOS VIRUS: NANOMÁQUINAS QUE EVOLUCIONAN

ORIGEN DE LA VIDA, BIOLOGÍA SINTÉTICA Y NANOTECNOLOGÍA

UN ZOOM SOBRE UN SER VIVO: DE LO MACRO A LO NANO SIN SALIR DE LA CHARCA

EL ADN COMO NANOBIOPOLIMERO

MECÁNICA CUÁNTICA ENCIMA DE UNA MESA

LOS ORDENADORES CUÁNTICOS Y LA NANOTECNOLOGÍA

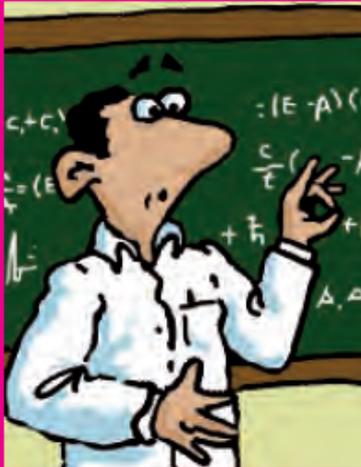
NANO-ECO-TOXICOLOGIA: HOMBRE PREVENIDO VALE POR DOS

"WEBOTECA": NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA EN LA RED

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## El discurso de Feynman "There is plenty of room at the bottom"

A pesar de que, como se ha comentado a lo largo del capítulo, el concepto de nanotecnología no es algo fijo y cerrado sino que se va construyendo poco a poco, a medida que se realizan nuevos experimentos, su origen sí parece estar claro para todos. Miremos donde miremos y leamos lo que leamos, la palabra nanotecnología resulta indisolublemente ligada a un mismo nombre, el de Richard Feynman.



Richard Feynman nació en Nueva York en el año 1918. En 1939 se licenció en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), obteniendo posteriormente un doctorado por la Universidad de Princeton. En estos años de juventud es invitado a participar en el proyecto Manhattan que concluyó con la construcción de la primera bomba atómica. La mayor parte de su carrera científica la desarrolló en el Instituto de Tecnología de California en Pasadena, California (conocido internacionalmente como Caltech), donde trabajó en muy diversos temas, destacando los relacionados con la electrodinámica cuántica por los que fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1965. *"Por su trabajo fundamental en electrodinámica cuántica, con sus profundas consecuencias para la física de las partículas elementales"* (compartido con *Julian Schwinger* y *Shin-Ichiro Tomonaga*).

Además de su trabajo como científico fue un importante divulgador a través de libros (*"¿Está Vd. de broma, Sr. Feynman?"* ó *"¿Qué te importa lo que otras personas piensen?"*) y lecciones dedicadas a sus estudiantes (*"Conferencias de Física de Feynman"*). Precisamente fue un grupo de ellos quien quizá le dedicó el homenaje más sincero, al escalar la pared de la biblioteca de la Universidad y colgar un cartel con las palabras: *"We love you, Dick!"* poco después de su muerte en 1988.

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS



## EEE 1.1 El número de Avogadro

El número de Avogadro nos permite establecer la relación entre la masa de una sustancia o material y el número de átomos que contiene. Este número es enorme y corresponde a  $6,022 \times 10^{23}$  partículas, de manera que un mol de una sustancia contiene esta cantidad tan elevada de partículas. Así, por ejemplo, 1 mol de átomos de carbono (12 gramos) contiene el número de Avogadro de átomos. Imagina que estuviésemos constituidos únicamente por átomos de carbono, ¿cuántas piezas tendría que ensamblar el doctor *Frankenstein* para construir nuestro cuerpo? Calcula además cuántos años tardaría en lograrlo si consideramos que es capaz de colocar una pieza (un átomo) por segundo y compara el resultado que obtengas con la edad del Universo (13.700 millones de años, según la NASA).

Si has hecho bien este ejercicio te habrás dado cuenta de que el *Dr. Frankenstein* tardaría más tiempo en ensamblar átomo a átomo un ser humano que el que lleva existiendo el Universo.

### Solución al ejercicio EEE 1.1

Suponiendo una masa de 50 kg, el número de piezas (átomos) que habría que colocar sería  $50 \text{ kg} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ partículas/mol} \times (1000/12) \text{ mol/kg} = 2,51 \times 10^{27}$  partículas (átomos). Por tanto, si colocásemos 1 pieza por segundo, el Dr. Frankenstein tardaría  $7.96 \times 10^{19}$  años en ensamblar el cuerpo, casi seis mil millones de veces la edad del Universo.

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS



## EEE 4.7 Sintetizando nanopartículas

Para llevar a cabo este experimento necesitaremos, en primer lugar, preparar las siguientes disoluciones: A.-1000 mL de disolución 1 mM de  $\text{HAuCl}_4$ . Se pesan 0.2 g de este compuesto, se disuelven y se enrasa a 1 litro con agua destilada. La disolución resultante se guarda en una botella topacio. B.-100 mL de disolución de citrato sódico al 1%. Se pesa 1.0 g de  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , se disuelve y se enrasa a 100 mL con agua destilada.

Una vez preparadas estas disoluciones comenzamos la síntesis:

1. Se añaden 50 mL de la disolución 1 mM de  $\text{HAuCl}_4$  en un vaso de precipitados, se agita (mediante la utilización de una barra magnética y un agitador magnético) y se calienta hasta llegar a ebullición.
2. Se añaden 5 mL de la disolución reductora de citrato sódico. El tamaño de las nanopartículas resultantes depende de la cantidad de reductor añadido.
3. Seguimos calentando hasta que la disolución adquiera un color rojo intenso. En ese momento ya tenemos las nanopartículas de oro sintetizadas.

Ahora bien, ¿cómo podemos poner de manifiesto que se han formado nanopartículas? La forma habitual de ver las nanopartículas de Au, una vez han sido sintetizadas, y de determinar su tamaño es mediante la utilización de la técnica de microscopía



electrónica de transmisión (TEM). Un ejemplo del tipo de imagen que se obtendría lo puedes encontrar en la figura 4.11A. Si las nanopartículas de oro sintetizadas las depositamos sobre una superficie (por ejemplo oro), también podríamos visualizarlas utilizando la microscopía de fuerzas atómicas (ver figura 4.11B). Pero, como en el laboratorio no disponemos de estas técnicas, vamos a hacer una prueba sencilla.



Haz incidir un haz láser (por ejemplo, el de un puntero) sobre la disolución.

Compara tus observaciones con lo que ocurre cuando ese mismo haz incide sobre una disolución que no contiene nanopartículas. Puedes utilizar, por ejemplo, disoluciones de nitrato de cobre (color azul) o nitrato de cobalto (rosa). Te recordamos que la radiación electromagnética se dispersa al interactuar con partículas. (CUIDADO: no hagas incidir el láser en tus ojos o los de tus compañeros). Observa la siguiente figura e identifica cuáles de los tubos de ensayo contienen nanopartículas.



# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS



## NANO-INTRO: EL NANO-MUNDO A VISTA DE PÁJARO

### Nanotecnología...¿Qué significa esa palabra?

Muchas definiciones circulan por la web para nanociencia y nanotecnología y, como todo lo que aparece en Internet, deben de ser interpretadas con cautela. Hay quien dice que nanociencia es la ciencia de lo infinitamente pequeño. Esto no es estrictamente cierto, ya que esta definición responde mejor, por ejemplo, al tipo de estudios de los que se ocupa la física de altas energías, que trabaja con protones, neutrones o incluso los constituyentes de éstos: los quarks. Otras personas piensan que la

### La tecnología actual o ¿hasta donde es posible reducir el tamaño de un objeto?

La invención del transistor en 1947 ha sido, sin duda, uno de los hechos más importantes para la sociedad del siglo XX. Hizo posible la aparición del circuito integrado y del microprocesador, que son las bases de la microelectrónica actual. Estos dispositivos han generado una revolución en la sociedad, de manera que hoy no nos imaginamos la vida cotidiana sin ordenadores, televisiones, teléfonos móviles o aparatos reproductores de música o películas. El reto que tiene marcado la tecnología es

### La tecnología actual frente a la del futuro: *Top-down* frente a *Bottom-up*

Buscando un símil sencillo, el fundamento de la tecnología actual se asemeja al trabajo realizado por un escultor, el cual a partir de un bloque de material, y a base de cincelar, pulir y modelar, acaba obteniendo un objeto más pequeño con la forma deseada. Puesto que cada vez son necesarias tecnologías de fabricación más precisas, es importante disponer de tamaños de cincel progresivamente más pequeños. Este planteamiento es conocido como tecnología de fabricación descendente o "*top-down*" (de arriba hacia abajo), que es la base de la tecnología actual. La tecnología de fabricación ascendente o "*bottom-up*" (de abajo hacia arriba) es la base de la tecnología futura. La tecnología de fabricación ascendente se basa en la capacidad de los átomos y moléculas de organizarse espontáneamente en estructuras ordenadas y estables. Este tipo de tecnología se basa en la capacidad de los átomos y moléculas de organizarse espontáneamente en estructuras ordenadas y estables. Este tipo de tecnología se basa en la capacidad de los átomos y moléculas de organizarse espontáneamente en estructuras ordenadas y estables.

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS



## NANO-HERRAMIENTAS: EL ARTE DE VER, TOCAR, MOVER Y ESCRIBIR

2

### CAPÍTULO PRIMERO

De todo lo que sucedió y a partir del momento  
en que nació con el título de la Misión.

En un lugar de la Mancha,  
de cuyo nombre no quiero acordarme,  
no ha mucho tiempo que vivió un hidalgo  
de las 40 partes de sobriedad, bastante valeroso,  
de buen humor y galga bastante, pero que  
de los 40 años que contaba, quedaba en  
su casa, leyendo y escribiendo los  
libros que se le iban leyendo, algún  
poco de historia de la América,  
comenzó los tres partes de su historia.

1000 nm



**FIGURA 2.12** Tocando con la punta.  
Una punta de un SPM debajo de la cual hay un menisco de agua nos permite tocar la superficie aplicando un pequeño voltaje.

Imagen cedida por Ricardo García, Román V. Martínez y Fernando García, Instituto de Microscopía de Madrid (ICM)

Imagen cedida por Enrique Sánchez, Universidad Autónoma de Madrid



**FIGURA 2.3** Funcionamiento de un microscopio de campo cercano  
Helicóptero sobrevolando un terreno de manera análoga a como la punta de un microscopio de campo cercano recorre una superficie definiendo su topografía.

Dibajo realizado por Ana María Hernández Quirós

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO-MATERIALES: NUEVOS MATERIALES PARA UN NUEVO SIGLO



FIGURA 3.6 El nanobalón  
¡El balón de fútbol es 100 millones de veces más grande que el fullereno (C<sub>60</sub>)! Esta diferencia de tamaño es  
la misma de fútbol.

material más ligero y más resistente?

### En un mundo de carbono

El carbono es tal vez el átomo más importante en nuestro mundo. Aunque sólo represente el 1% de toda la materia conocida del universo

### La tela de araña y la cabra Spiderman

La musa de la nanotecnología es la biología. Aprender de la estrategia y los métodos con los que la naturaleza ha ido ensamblando nanomáquinas como los virus, o supermáquinas como los animales y los árboles. Las arañas tejen su tela, que es uno de los materiales más perfectos que se pueden imaginar. Es extraordinariamente flexible, elástico y ligero. Al mismo tiempo es más fuerte que fibras como el Kevlar® y cinco veces más resistente que el acero. Además, al ser un producto natural es biocompatible y biodegradable. Se dice que si tuviésemos una

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO-QUÍMICA: LA DANZA DE LAS MOLECULAS

### Construcción de dispositivos moleculares mediante la aproximación *bottom-up*

Seamos realistas. Imaginemos que renunciamos a construir un dispositivo uniendo moléculas de una en una, pero que decidimos construirlo utilizando esferas de material. ¿Es un procedimiento posible para construir un dispositivo único?

### Las monocapas autoensambladas

El concepto de autoensamblaje molecular ha sido ampliamente utilizado para lograr la modificación de diversas superficies, originando lo que se conoce con el nombre de monocapas autoensambladas. La formación de este tipo de estructuras está basada en la capacidad que presentan ciertas moléculas para, de forma espontánea, adsorberse (quedar unidas) y colocarse de una determinada manera sobre la superficie de un material. ¿Cómo podemos controlar el tamaño y la estructura de estas monocapas? Imaginemos que tiramos al aire un montón de

### Nanopartículas

Acabamos de ver cómo el autoensamblado molecular presenta un gran número de aplicaciones. Sin embargo, todos los ejemplos presentados hasta ahora se realizan sobre

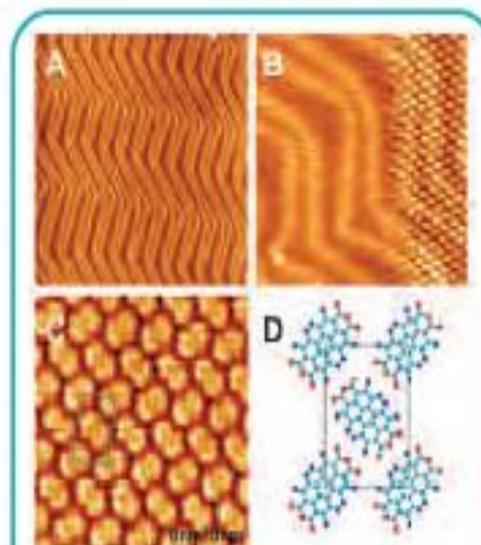


FIGURA 6. Formación de una monocapa molecular. En esta figura se ilustra el proceso de formación de una capa de moléculas de PCTDA sobre una superficie de oro.

(Imágenes cortadas de Javier Miranda, Anautil Calzado, Gonzalo Otero y José Ángel Martín-Gago (grupo IISAN) Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICM).

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO-BIOTECNOLOGÍA: EN BUSCA DE LOS SECRETOS DE LA VIDA

¡Pero estamos hechos de nanocosas!

Como hemos visto en el apartado anterior, los avances logrados en las técnicas de microscopía óptica y electrónica nos han permitido observar células y virus de distintos tipos, e incluso algunos de sus componentes. Sin embargo, siempre hay un "más allá" al que no puede llegarse mediante las microscopías ópticas y electrónicas convencionales, porque los componentes moleculares de los seres vivos no están en el rango de tamaño de los micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) sino en el de los nanómetros (nm). Para estudiar

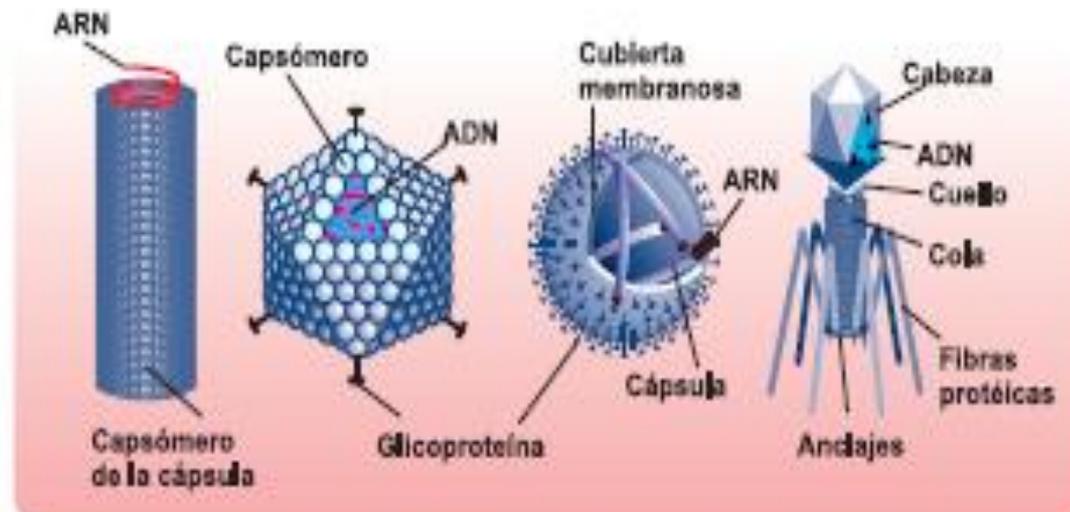


FIGURA 5.1 Los primeros microscopios. Microscopio de Robert Hooke (A) y Antonie van Leeuwenhoek (B). En cada uno de ellos se muestra un dibujo de la época (ambos de la segunda mitad del S. XVII) en el que se distinguen sus partes, y una fotografía de los que han llegado en mejor estado hasta la actualidad.

A Wikipedia tomada de Wikipedia. B Wikipedia tomada de The Whipple, Darcy University of Cambridge y de Whipple Museum of the History of Science, University of Cambridge (Wh. 017)

### Origen de la vida, biología sintética y nanotecnología

El origen de la vida es uno de los temas de investigación más fascinantes que podemos plantearnos, y engloba muchas preguntas difíciles: cuándo y cómo ocurrió, si tuvo lugar en la Tierra o fuera de ella, si ese origen se produjo una sola vez o varias, y si es o no probable que la vida haya comenzado en otros lugares del universo además de en nuestro planeta. Tenemos

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO-ELECTRÓNICA: DEL SILICIO A LAS MOLÉCULAS

### El siglo XX: la era de la Electrónica

La electrónica comenzó en la década de 1890, cuando el físico J. J. Thomson realizaba, en un oscuro laboratorio, una serie de experimentos en los que estudiaba el transporte de la electricidad a través de gases. El resultado de estos experimentos fue que los llamados "rayos catódicos" estaban constituidos por partículas cargadas negativamente y que tenían un tamaño inferior al de los átomos. Ahora sabemos

### ¿Algún día dejarán de usarse los semiconductores para fabricar "chips"?

La tecnología actual se basa en el uso de materiales semiconductores como el silicio para fabricar chips. Un semiconductor es un material que se comporta como un aislante a bajas temperaturas y como un conductor a altas temperaturas. El silicio es el principal material semiconductor.

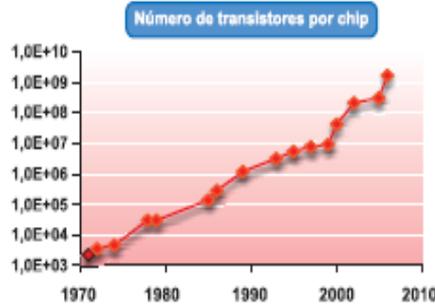
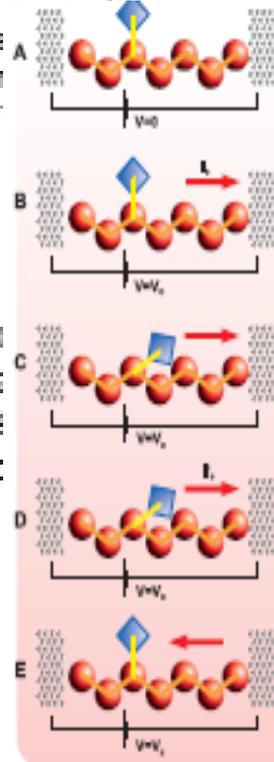


FIGURA 6.3 Densidad de empaquetamiento de transistores.  
En 1965, el cofundador de Intel, Gordon Moore realizó la siguiente predicción: el número de transistores integrados sobre un chip se duplica cada dos años. Esta afirmación se hizo a partir de lo ocurrido durante los primeros años en los que se comenzaron a diseñar y fabricar circuitos integrados. Desde entonces, esta predicción, denominada Ley De Moore, se ha verificado satisfactoriamente y el número de transistores integrados en los procesadores ha crecido de forma exponencial. En esta figura se muestra dicha evolución a partir de 1970.

### Cuando la ley de Ohm da problemas: transporte balístico

Ya hemos visto que cuando disminuimos el tamaño de los dispositivos basados en silicio comienzan los problemas y podemos encontrarlos sin electrones que transportar. Sin embargo hay otros fenómenos que también afectan al funcionamiento de los dispositivos y que se derivan de la propia naturaleza cuántica de los electrones.

### La nueva electrónica: moléculas, nanotubos, nanohilos, puntos cuánticos,...

Hemos visto que la tecnología del silicio para fabricar dispositivos electrónicos tiene sus días, mejor dicho, años contados. No se puede predecir el momento exacto en el que el silicio comenzará a ser sustituido como elemento básico de la electrónica. Lo que sabemos es que hay varios candidatos para convertirse en los

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO-SIMULACIÓN: EL LABORATORIO EN UN ORDENADOR

### El método científico y las matemáticas

El método científico presenta dos aproximaciones: la experimental (método deductivo) y la teórica (método inductivo). En ambos casos es preciso definir una serie de magnitudes que sean observables y cuantificables, es decir medibles. Además es preciso establecer una relación entre ellas que permita explicar la variación de unas en función de las variaciones de otras. Dichas relaciones se expresan mediante el lenguaje de las matemáticas (fórmulas) y constituyen la expresión formal de las leyes

### De las reglas de cálculo a los superordenadores

Con anterioridad al siglo XX era obligatorio acudir a tablas de funciones matemáticas de cálculos complejos. Las primeras tablas de logaritmos debidas a J. Napier ("neperianos") se publicaron en 1614. Un poco más tarde, en 1658, se introdujo

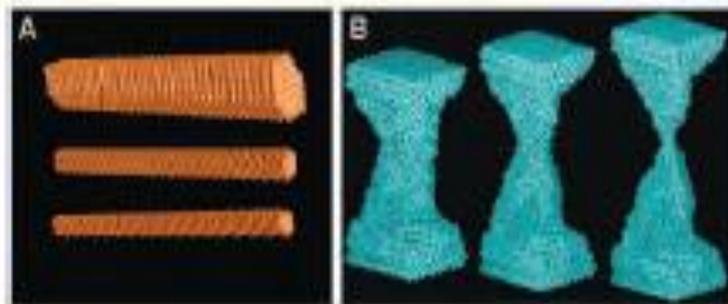
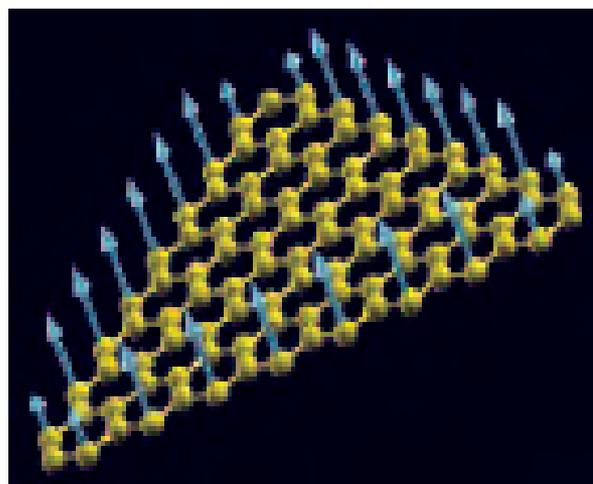


FIGURA 2.6 Dinámica molecular en nanohilos metálicos

Los métodos semi-clásicos permiten estudiar las posiciones de equilibrio y la evolución del sistema formados por muchos átomos. En la imagen (A) se muestran tres nanohilos de níquel. La configuración de la parte superior corresponde a un nanohilo de sección cuadrada con aspecto cristalino. Sin embargo, cuando la sección decrece aparecen configuraciones no cristalinas, como la mostrada en el centro de tipo pentagonal, o la inferior, de tipo helicoidal. De nuevo, lo "blando" es diferente. En la imagen (B) se muestra la evolución de un nanohilo de aluminio, formado por varios miles de átomos, durante su proceso de alargamiento y ruptura. Todas las simulaciones se obtuvieron usando la aproximación denominada de "bolsa embebida", que permite calcular las fuerzas sobre un átomo teniendo en cuenta la densidad de átomos de los átomos circundantes. Estas imágenes son, respectivamente, cortes de S. Peláez (Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid) y de P. García-Morales (Universidad Autónoma de Madrid).

Imágenes cortesía de Daniel Peláez-Morales (ICMM-CSIC) y Pedro García-Morales (UAM).

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO-APLICACIONES: DEL LABORATORIO AL ESCAPARATE



FIGURA 1.7 Las nanotecnologías en el deporte. (A) La empresa suiza BMC diseñó fabricó diversos tipos de bicicletas para la alta competición. El peso y la resistencia del cuadro son factores clave para el rendimiento de la bicicleta, por lo que se buscan materiales de alta prestación. Algunos modelos de la marca BMC, como el SLC1, logran esto mejor incorporando nanotubos de carbono en los materiales con puntos utilizados. Con esto se logra que dichos cuadros pesen menos de un kg.

Imagen tomada de [www.bmc.ch](http://www.bmc.ch)

(A)



FIGURA 1.8 Algunas de las aplicaciones de la nanotecnología. Las aplicaciones de la nanotecnología son muchas y que esta disciplina. Sin embargo, todas las aplicaciones se basan, en un momento u otro, en la nanotecnología, finalmente, todas las sensores y actuadores.



FIGURA 1.9 El futuro ya está aquí: pantallas flexibles y plegables.

En el futuro los reproductores de DVD y los ordenadores portátiles seguramente no se parecerán a los que ahora conocemos. Una con pantalla flexible, ligera, de muy bajo consumo, y desplegable nos permitirá trabajar de forma cómoda en cualquier lugar. Los procesadores, dispositivos de memoria y de comunicación se habrán reducido también de tamaño de forma que seguramente se puedan integrar con o parte de las tarjetas (también planas y ligeras), los interruptores, o la carcasa donde se guarda la pantalla. Las pantallas flexibles han comenzado a comercializarse ya. (A) La empresa Polymer Vision ya vende teléfonos móviles que incorporan pantallas enrollables. (B) Dentro de poco tiempo las pantallas de los reproductores portátiles de DVD serán desplegadas, según ha anunciado el estudio de desarrollos tecnológicos de la empresa israelí Itag-Int.

(A) Media by Polymer Vision. (B) Inventables.

(B)

Control sobre la fabricación de nanopartículas de nanomateriales. La industria basada en la aproximación "top-down" sigue predominando.

Las tecnologías "bottom-up" comienzan con las tecnologías "top-down". Las nanopartículas dejan paso a sistemas nanométricos de mayor complejidad.

Predominio de las técnicas "bottom-up" en la industria. Los nanosistemas se convierten en complejos nanodispositivos.

2000 2010 2020 2030 2040 2050

AÑO

# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## NANO Y SOCIEDAD: IMPLICACIONES SOCIALES DE LA NANOTECNOLOGÍA

### Algo más que la nueva revolución industrial

El ritmo al que estos avances se suceden ha ido creciendo desde el Renacimiento, cuando se asentó el método científico y las explicaciones del mundo basadas en mitos, la religión o el azar fueron sustituidas paulatinamente por las sustentadas en la razón. Además de esta notable "aceleración del conocimiento" desde la llegada de la revolución industrial se ha producido un hecho curioso: por lo general estos avances científico-técnicos se agrupan en oleadas que producen impulsos económicos en la sociedad. Es decir, a un periodo en el que las tecnologías parecen estancarse,

### "Nano" + "Bio" + "Info" + "Cogno": la convergencia NBIC

Los cambios industriales más profundos que han tenido lugar en la historia han estado ligados a la convergencia de tecnologías. Por lo general, las tecnologías aisladas suelen tener cierto éxito para

hasta que alcanzan cierta madurez y se estancan, generando  
lores. Por ejem  
gran perfec  
Machete a limit

### Nanotecnología, sostenibilidad y responsabilidad

¿Qué es el desarrollo sostenible? La Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland), definió en 1987 el desarrollo sostenible como el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades. Esto implica que hay que satisfacer a las necesidades del presente, fomentando

27  
0.

### El impacto mediático de la nanotecnología

No se puede decir que la nanotecnología haya estado oculta en los laboratorios y que haya emergido de forma paulatina ante los ojos de la sociedad. Al contrario, aún existen pocos productos basados en nanotecnología y, sin embargo, esta ya ha tenido una gran repercusión mediática. La nanotecnología produce el mismo tipo de fascinación que los estudios sobre el cosmos: ambos son extremos opuestos.



# DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

## ANEXOS:

0 CONTENIDOS CURRICULARES

I SOLUCIONARIO

II BIBLIOGRAFÍA

III AUTORES

IV LEYENDA ICONOS



# LA UD EN LA ASIGNATURA “CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO”.

CONTENIDOS COMUNES

NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

VIVIR MAS, VIVIR MEJOR

GESTION SOSTENIBLE DEL PLANETA

NUEVAS NECESIDADES, NUEVOS MATERIALES

# **11. RECURSOS DIDÁCTICOS: OTRAS UNIDADES DIDÁCTICAS**

# UNIDAD DIDÁCTICA

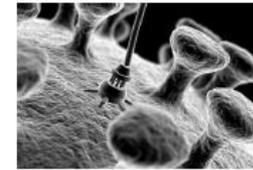
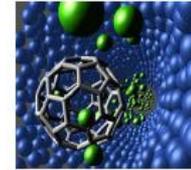
## “NANOTECNOLOGÍA: ¿CÓMO SERÁ LA VIDA DENTRO DE 25 AÑOS?”

En la Unidad Didáctica “NANOTECNOLOGÍA: ¿Cómo será la vida dentro de 25 años?” en la que expertos de la Asesoría de Ciencias de la Naturaleza (Luis Zaballo Ruíz, Jon Benito) del Berritzegune Nagusia (Bilbao), se proponen temas específicos relacionados con aplicaciones, consideraciones éticas, etc. Se basan en lecturas, presentaciones, debates, respuestas a preguntas,...

- 4.- Aplicaciones de la nanotecnología.....
  - 4.1.- Introducción.....
  - 4.2.- Nanotecnología y control de la contaminación...
  - 4.3.- Nanotecnología y energía.....
- 5.- Nanotecnología y salud.....
- 6.- Consideraciones éticas sobre la nanotecnología.....

Unidad Didáctica: Nanotecnología

### NANOTECNOLOGÍA



¿Cómo será la vida dentro de 25 años?

Asesoría de Ciencias de la Naturaleza  
Luis Zaballo Ruíz  
Jon Benito  
Berritzegune Nagusia (Bilbao)  
Propuesta de trabajo Julio 2010

Asesoría de Ciencias de la Naturaleza  
Luis Zaballo Ruíz  
Jon Benito  
Berritzegune Nagusia (Bilbao)  
Propuesta de trabajo Julio 2010

Contactos:

[zaballo.ruiz@irakasle.net](mailto:zaballo.ruiz@irakasle.net)

[zientziahezkuntza@gmail.com](mailto:zientziahezkuntza@gmail.com)

[gllperal@gmail.com](mailto:gllperal@gmail.com)



# UNIDAD DIDÁCTICA

## “CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO”

### GOBIERNO DE CANARIAS.

## Ciencias *para el* Mundo Contemporáneo

recursos didácticos



### Nuevas necesidades, nuevos materiales

0 Presentación de las CCMC

1 Ciencia y Sociedad

2 El origen del universo

3 La formación de la Tierra

4 El origen de la vida

5 Salud y enfermedad

6 La revolución genética

7 Un futuro sostenible

8 Nuevos materiales

9 La revolución digital

Anexos

Esquemas

Biografías

#### 5 Nanomateriales. La nanotecnología.

##### Debes saber que...

- Los **nanomateriales** son aquellos materiales de tamaño muy reducido, cuyo diámetro es del orden del nanómetro, es decir, de las mil millonésimas de metro. Están formados por partículas inferiores a 100 nm.
- La **nanociencia o nanotecnología** abarca los campos de la ciencia y de la tecnología en los que se estudian, se obtienen y se manipulan materiales, sustancias y dispositivos de dimensiones próximas al nanómetro. Estudia fenómenos y manipulación de escala atómica, molecular y macromolecular.
- En este nivel, el comportamiento de la materia se rige por la física cuántica y aparecen nuevas propiedades y fenómenos.
- La **física de lo muy pequeño**, como las moléculas, los átomos y las partículas elementales, es muy diferente de la física clásica, válida solo para los objetos macroscópicos.
- La **física cuántica** se ocupa de las propiedades y transformaciones de la materia y la energía a escala microscópica.
- Los **nanotubos** son nanomateriales con estructura tubular, contruidos con carbono, con comportamiento eléctrico semiconductor y superconductor, con enorme resistencia a la tensión, muy superior al acero, y con una gran capacidad para conducir el calor. Sus aplicaciones están en fase experimental y se espera que puedan utilizarse para fabricar componentes electrónicos más reducidos y eficaces, estructuras de gran resistencia y ligereza en arquitectura, para encapsular nuevos fármacos y para el control de la contaminación ambiental.
- La **nanotecnología, con la herramienta del microscopio de efecto túnel**, permite manejar átomos sobre superficies como elementos independientes. Las posibilidades de esta tecnología son inmensas dado que prácticamente se pueden crear las estructuras atómicas que se deseen, es decir, dan la posibilidad de diseñar materiales «a la carta».

[http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u0/index\\_u0.html](http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u0/index_u0.html)

# **12. RECURSOS DIDÁCTICOS: GUÍA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA NANOTECNOLOGÍA**

# GUÍA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA



P.A. SERENA, J.J. GIRALDO, N. TAKEUCHI Y J.D. TUTOR (EDITORES)

RED "JOSÉ ROBERTO LEITE" DE DIVULGACIÓN Y FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA



# DESCRIPCIÓN PROYECTO GDEN

- Existen escasas iniciativas dirigidas a la creación de manuales o guías que permitan abordar el tema de la nanotecnología en el aula.
- La Red NANODYF planteó en 2013 crear una guía o manual dirigido a profesorado de educación secundaria y bachillerato. Dicho manual se denominó “Guía Didáctica para la Enseñanza de la Nanotecnología en la Enseñanza Secundaria” (GDEN).
- La GDEN tiene como objetivo que los profesores de educación secundaria y bachillerato, niveles que podemos asimilar al intervalo de edades de alumnos/as comprendido entre 12 y 18 años, tengan unos conocimientos mínimos de nanociencia y nanotecnología, así como de sus aplicaciones, y desarrollen unas estrategias de comunicación de dichos conocimientos a los alumnos.

# DESCRIPCIÓN PROYECTO GDEN

- No se trataba de hacer un nuevo tratado de nanotecnología.
- La GDEN aprovecha las experiencias de diferentes tipo que los grupos integrantes de la Red NANODYF han llevado a cabo durante estos últimos años. Aprovecha materiales y recursos ya existentes.
- Se ha intentado vencer las barreras e inercias del profesorado.
- La guía debe permitir insertar contenidos de nanotecnología de manera ligera, no aburrida, y sin que requiera un gran esfuerzo de preparación o en la búsqueda de materiales.
- Los contenidos de la Guía se usarán en diferentes momentos del proceso educativo de los estudiantes y en diferentes asignaturas. Este posible uso es el que puede determinar una estructura modular basada en fichas organizadas por diferentes bloques temáticos.

# ÍNDICE DE LA GUÍA DIDÁCTICA

## **PRÓLOGO**

J. Tutor

## **CAPÍTULO 1. ¿CÓMO USAR ESTA GUÍA?**

J. Tutor

## **CAPÍTULO 2. UNA INTRODUCCIÓN GENERAL A LA NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA**

J. Giraldo y N. Takeuchi

## **CAPÍTULO 3. ALGUNAS CUESTIONES A TENER EN CUENTA EN LOS PROCESOS DE COMUNICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA**

P.A. Serena

## **CAPÍTULO 4. FICHAS DIDÁCTICAS.**

## **CAPÍTULO 5. PERSONAS E INSTITUCIONES DE CONTACTO EN RELACIÓN CON LA DIVULGACIÓN Y LA FORMACIÓN DE LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA**

## **ANEXOS. MATERIALES COMPLEMENTARIOS DE LAS FICHAS DIDÁCTICAS INCLUIDAS EN EL CAPÍTULO 4**

***BLOQUE I. FUNDAMENTOS DE LA NANOTECNOLOGÍA. NANOESCALA. EFECTOS DE TAMAÑO Y FORMA.***

**FICHA DIDÁCTICA I.1. ESCALAS: UN PASEO DE LO GRANDE A LO PEQUEÑO**

A. Asenjo Barahona, J.A. Martín Gago, P.A. Serena

**FICHA DIDÁCTICA I.2. LA IMPORTANCIA DE LOS EFECTOS DE TAMAÑO EN NANOTECNOLOGÍA**

A. Asenjo Barahona, J.A. Martín Gago, P.A. Serena

**FICHA DIDÁCTICA I.3. EL TAMAÑO Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DE LOS NANOSISTEMAS**

C. V. Landauro, M. Pillaca, J. Rojas

**FICHA DIDÁCTICA I.4. NANOMATERIALES DE CARBONO**

M. Kierkowicz, M. Martincic, G. Tobias-Rossell

**FICHA DIDÁCTICA I.5. LA NANOESCALA EN LOS SERES VIVOS**

R. Vázquez-Muñoz, N. Takeuchi

**FICHA DIDÁCTICA I.6. SUPERFICIES SUPERHIDROFÓBICAS: EFECTO LOTO**

A. Rivera-Álvarez, J.R. Vega- Baudrit

## ***BLOQUE II. NANOMATERIALES Y NANODISPOSITIVOS. PROPIEDADES Y MÉTODOS DE FABRICACIÓN.***

### **FICHA DIDÁCTICA II.1. EFEITO DE TYNDALL EM SOLUÇÕES COLOIDAIIS DE OURO**

A.L.C. Campos, C.J.R. Silva, M.J. M. Gomes

### **FICHA DIDÁCTICA II.2. SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AGNP)**

Joaquín Darío Tutor Sánchez

### **FICHA DIDÁCTICA II.3. SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA RECUBIERTAS DE CITRATO. ESTABILIDAD EN SOLUCIONES DE DISTINTA COMPOSICIÓN**

J. Maya Girón, Y. Chain, M.A.Daza Millone, F. Castez, M. E.Vela

### **FICHA DIDÁCTICA II.4. SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE ÓXIDO DE HIERRO**

J. Maya Girón, M. Calderón, C.Vericat

### **FICHA DIDÁCTICA II.5. MOLDEO DE SUPERFICIES NANO / MICROESTRUCTURADAS. INTERACCIÓN DE LA LUZ VISIBLE CON NANOPATRONES SUPERFICIALES**

Alejandro Miñán, Roberto C. Salvarezza, Patricia L. Schilardi

### **FICHA DIDÁCTICA II.6. MICROTÚBULOS: NANOESTRUCTURAS MULTIFUNCIONALES**

S. Barbosa-Cornelio, C. Martínez y J. Giraldo Gallo

***BLOQUE III. MÉTODOS PARA OBSERVAR Y CARACTERIZAR LOS OBJETOS DE LA NANOESCALA.***

**FICHA DIDÁCTICA III.1. MICROSCOPIOS DE FUERZAS ATÓMICAS: LOS OJOS DEL NANOMUNDO**

A. Asenjo Barahona, J.A. Martín Gago, P.A. Serena

**FICHA DIDÁCTICA III.2. NANOSCOPIAS: MICROSCOPIAS PARA HACER VISIBLE LO INVISIBLE**

S. Estradé, J. Mendoza, L. Yedra, G. Oncins, J. Díaz-Marcos

**FICHA DIDÁCTICA III.3. LA IMPORTANCIA DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X EN LAS NANOCIENCIAS**

M.E. Aparicio, M.T. Romero, N. Takeuchi

## ***BLOQUE IV. APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA.***

### **FICHA DIDÁCTICA IV.1. LA NANOTECNOLOGÍA DE NUESTROS ANTEPASADOS**

A. Asenjo Barahona, J.A. Martín Gago, P.A. Serena

### **FICHA DIDÁCTICA IV.2. NANOPARTÍCULAS Y SU USO PARA CONSTRUIR UN NANOSENSOR**

N. Sequera, F. Avellaneda, F. González, E. González

### **FICHA DIDÁCTICA IV.3. ¿NANOCOSMÉTICOS?**

D. Álvarez, H. Jaramillo, C. Duque, R. L. Restrepo, A. Morales

### **FICHA DIDÁCTICA IV.4. LOS NANOMATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN**

M.C. Alonso, M. Sánchez, O. Río, V. Flor-Laguna

## ***BLOQUE V. IMPLICACIONES SOCIALES. RIESGOS. PRECAUCIÓN. NORMATIVA.***

### **FICHA DIDÁCTICA V.1. NANOTECNOLOGÍA: LA REVOLUCIÓN DE LO CHIQUITO**

Anwar Hasmy, María Sonsiré López

### **FICHA DIDÁCTICA V.2. NANOTECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD. OPORTUNIDADES Y RIESGOS**

María Sonsiré López, Anwar Hasmy

### **FICHA DIDÁCTICA V.3. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DEL SIGLO XXI: OPORTUNIDADES DE LA NANOTECNOLOGÍA**

J. Díaz-Marcos, G. Oncins, J. Mendoza, S.Estradé

### **FICHA DIDÁCTICA V.4. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DEL SIGLO XXI: RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGÍA**

J. Díaz-Marcos, G. Oncins, J. Mendoza, S. Estradé

### **FICHA DIDÁCTICA V.5. ASPECTOS ÉTICOS Y SOCIALES DE LA NANOTECNOLOGÍA: NANOPÁNICO O NANOEUFORIA**

J. Mendoza, J. Díaz-Marcos, G. Oncins, S. Estradé

### **FICHA DIDÁCTICA V.6. IMPLICACIONES SOCIALES, RIESGOS, PRECAUCIÓN, NORMATIVA**

H. Jaramillo, D. Álvarez, C. Duque, R. L. Restrepo, A. Morales

### **FICHA DIDÁCTICA V.7. EMPLEO DE PELÍCULAS DE CINE PARA ABORDAR LAS IMPLICACIONES ÉTICAS DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD**

J.R. Vega-Baudrit

**TABLA CON LA CONEXIÓN DE LAS FICHAS DIDÁCTICAS CON LAS ASIGNATURAS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y BACHILLERATO**

Clave de la ficha	Edades de los estudiantes	Duración de la actividad (minutos)	Nivel de dificultad	Ciencias de la Naturaleza	Física y Química (Secundaria)	Biología (Bachillerato)	Geología (Bachillerato)	Física (Bachillerato)	Química (Bachillerato)	Matemáticas	Tecnología / Electrotecnia /	Ciencias Sociales	Historia / Historia del	Filosofía / Ética / Religión	Educación Artística
I.1	12-16	45	BAJO	X	X	X		X	X	X	X				
I.2	12-18	60	BAJO	X	X	X		X	X	X	X				
I.3	08-16	45	BAJO	X	X			X	X	X	X				X
I.4	14-18	55	MEDIO	X	X	X		X	X	X	X				
I.5	12-16	180	MEDIO	X		X				X					X
I.6	12-16	60	BAJO	X	X			X	X	X	X				
II.1	14-18	150	MEDIO		X			X	X						
II.2	14-18	45	MEDIO		X	X		X	X						
II.3	15-17	60	MEDIO	X	X			X	X		X				
II.4	15-17	120	ALTO	X	X			X	X		X				
II.5	12-16	50	MEDIO	X	X			X	X		X				
II.6	16-18	120	ALTO	X	X	X		X	X		X	X			
III.1	14-18	50	MEDIO	X	X	X		X	X		X				
III.2	14-18	55	MEDIO	X	X		X	X	X		X	X			
III.3	12-16	60	MEDIO	X	X	X	X	X	X		X				
IV.1	12-18	45	BAJO		X			X	X		X	X	X		X
IV.2	14-18	60	MEDIO		X			X	X		X				
IV.3	12-16	150	MEDIO	X	X	X		X	X		X	X		X	X
IV.4	14-18	60	MEDIO		X				X		X				X
V.1	12-16	45	BAJO	X	X	X		X	X		X	X	X	X	
V.2	12-16	90	BAJO	X	X						X	X		X	
V.3	12-16	150	MEDIO	X	X						X				
V.4	12-14	150	MEDIO	X	X	X		X	X		X				
V.5	16-18	90	BAJO			X								X	
V.6	16-18	120	BAJO			X		X	X	X	X			X	
V.7	14-18	180	BAJO	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X

# EJEMPLO DE FICHA DIDÁCTICA

**NANOMATERIALES DE CARBONO**

TÍTULO

M. Kierkowicz, M. Martincic, G. Tobias-Rossell\*

AUTORES

Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Campus de la Universidad Autónoma de Barcelona

08193 Bellaterra, Barcelona, España

\*Correo electrónico autor de contacto: [gerard.tobias@icmab.es](mailto:gerard.tobias@icmab.es)

CLAVE

**FICHA I.4**

RESUMEN

**RESUMEN DE LA ACTIVIDAD**

En esta actividad el estudiante se familiarizará con los nanomateriales de carbono. Se empezará hablando de materiales que ellos conocen, como son el diamante y el grafito. A partir del grafito se presentará al grafeno, los nanotubos de carbono y los fullerenos. Se hará una parte práctica utilizando un juego de cartas (grafito), una piedra (diamante), una pelota de fútbol (fullereno) y papel en el que se imprimirá una red hexagonal (grafeno y nanotubos).

OBJETIVOS DIDÁCTICOS

**OBJETIVOS DIDÁCTICOS**

- Valorar la riqueza que presenta la tabla periódica, al darse cuenta que con únicamente uno de los elementos presentes ya se pueden formar una gran variedad de materiales
- Los alumnos se darán cuenta de la relación que existe entre estructura y propiedades, al hablar del diamante y del grafito
- Familiarizarse con los nanomateriales de carbono
- Darse cuenta que quizás tienen nanomateriales en casa sin saberlo

EDADES ALUMNOS

**EDADES DE LOS ALUMNOS: 14-18**

NIVEL DE DIFICULTAD

**NIVEL DE DIFICULTAD DE LA REALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD: MEDIO**

DURACIÓN

**TIEMPO ESTIMADO PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD: 55 minutos**

# EJEMPLO DE FICHA DIDÁCTICA

## ASIGNATURAS EN LAS QUE SE PUEDE INSERTAR ESTA ACTIVIDAD

- Ciencias de la Naturaleza (Ed. Secundaria)
- Física y Química (Ed. Secundaria)
- Física (Bachillerato)
- Química (Bachillerato)
- Biología (Bachillerato)
- Matemáticas
- Tecnología

ASIGNATURAS EN LAS QUE PUEDE ENCAJAR

## CONOCIMIENTOS PREVIOS QUE DEBEN POSEER LOS ALUMNOS

Para que los alumnos se beneficien de esta actividad, es necesario que estén familiarizados con la nanoescala. Este punto se puede haber trabajado utilizando otras fichas que se incluyen en esta Guía Didáctica, tal y como se detalla en el siguiente apartado. Los alumnos deben estar familiarizados con el concepto de enlace químico entre átomos. Conocimiento de la Tabla Periódica no es imprescindible pero puede facilitar al profesor la presentación de este tipo de materiales.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

## OTRAS ACTIVIDADES DE ESTA GUÍA QUE ES RECOMENDABLE LLEVAR A CABO CON ANTELACIÓN

Es necesario haber trabajado con anterioridad las Fichas I.2 y III.2. Es recomendable haber trabajado la ficha V.5.

ACTIVIDADES PREVIAS

## MATERIALES

- Una piedra
- Juego de cartas
- Pelota de fútbol
- Cinta adhesiva
- 2 hojas de papel con la impresión de la red hexagonal que se adjunta como material complementario
- PC con PowerPoint y proyector (no es imprescindible pero permitirá mostrar las diapositivas del material complementario)

MATERIALES

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

En esta actividad se pretende que los alumnos entiendan que existe una gran variedad de materiales que están compuestos únicamente por carbono y que relacionen los nanomateriales de carbono con aquellos que ellos ya conocen: el grafito y el diamante.

DESARROLLO

# EJEMPLO DE FICHA DIDÁCTICA

## El grafito y el diamante. Relación estructura y propiedades.

La actividad empezará preguntando a los alumnos qué materiales compuestos únicamente de carbono conocen. Para empezar la discusión se puede hacer referencia a la Tabla Periódica e indicarles dónde se encuentra el carbono. Posiblemente los estudiantes harán referencia a materiales que contengan carbono como elemento constituyente junto con otros elementos como pueden ser el oxígeno, el hidrógeno, etc. Este es un buen momento para comentar que hay una gran variedad de compuestos que contienen carbono pero que estamos interesados en los que únicamente contengan carbono que son el diamante y el grafito. Al hacer referencia al grafito es recomendable comentar que se encuentra en las minas de los lápices. En este punto se les debe hacer reflexionar porque si tanto el diamante con el grafito están compuestos únicamente de carbono, su aspecto, propiedades y precio son tan diferentes. La razón reside en cómo se unen los átomos de carbono entre sí. En este punto se cogerá el juego de cartas, para ilustrar la estructura laminar del grafito, en el que los átomos de carbono se enlazan dentro de planos, y se mostrará una piedra para ilustrar que en el caso del diamante los átomos de carbono forman una estructura tridimensional.

A continuación se ilustrará cómo esta organización de los átomos de carbono afecta a las propiedades del grafito y el diamante. Para ello ejerceremos una pequeña presión sobre el juego de cartas de forma que se vea que las capas que forman el grafito se van separando, mientras que en el caso de la piedra se desplaza todo el bloque (Figura 1).

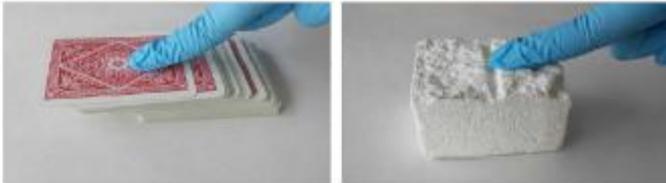


Figura 1. Modelos de grafito (juego de cartas) y diamante (piedra) que permiten ilustrar la relación estructura-propiedades.

## Los nanomateriales de carbono.

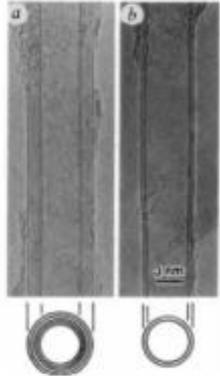
Para introducir a los nanomateriales de carbono, es necesario que los alumnos estén familiarizados con el concepto de la nanoescala. Se presentarán al grafeno, los nanotubos de carbono y los fullerenos (Figura 2).

← DESARROLLO

# EJEMPLO DE FICHA DIDÁCTICA

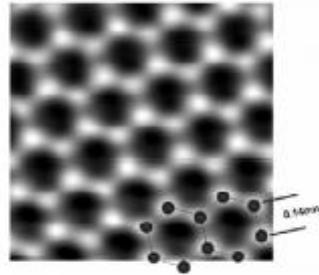
Para poder “ver” a los nanomateriales es necesario utilizar microscopios electrónicos o de punta (Figura 5). Se puede trabajar el tema de las microscopías a través de la Ficha III.2. Este apartado es útil para que los estudiantes se den cuenta que quizás tienen nanomateriales en casa sin saberlo.

NANOTUBOS DE CARBONO



Nature 56, 354, 1991

GRAFENO



Chem. Commun. 6095, 2009

Figura 5. Imagen de microscopía electrónica de transmisión de nanotubos de carbono y grafeno.

## PROPUESTAS DE ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR POR LOS ALUMNOS EN EL AULA O EN SU CASA TRAS LA ACTIVIDAD

Ahora que los estudiantes son conscientes que tanto los nanotubos de carbono como el grafeno presentan un patrón hexagonal, se les puede pedir que encuentren este patrón en productos y materiales de la vida cotidiana. La red hexagonal se encuentra por ejemplo en un panel de abejas, alambres para gallineros, redes de potería de fútbol, e incluso en algunos adoquines, botellas de perfume, etc. Otra actividad que se les puede proponer es encontrar otros tipos de nanomateriales de carbono a parte de los trabajados en esta ficha (se adjunta imagen en el material complementario).

## PRECAUCIONES Y SEGURIDAD

El desarrollo de esta actividad no conlleva riesgos.

DESARROLLO

PROPUESTAS PARA DESARROLLAR POR LOS ALUMNOS

PRECAUCIONES Y SEGURIDAD

# EJEMPLO DE FICHA DIDÁCTICA

## REFERENCIAS

### REFERENCIAS DE APOYO Y DOCUMENTACIÓN

- F. Díaz del Castillo-Rodríguez, "Introducción a los Nanomateriales", Lecturas de Ingeniería 20, 2012. Capítulo 2. Accesible en [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_me/m6/Introduccion%20a%20los%20nanomateriales.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_me/m6/Introduccion%20a%20los%20nanomateriales.pdf)
- G. Tobías-Rossell, "Grafeno: un mar de nuevas posibilidades", Moldes y Matrices, 2013. Accesible en [http://www.moldesymatrices.com/GRAFENO-nuevo\\_material\\_de\\_alta\\_tecnologia.html](http://www.moldesymatrices.com/GRAFENO-nuevo_material_de_alta_tecnologia.html)

### MATERIALES COMPLEMENTARIOS

Se proporciona un material complementario consistente en un conjunto de diapositivas que permitirán al profesor desarrollar las actividades propuestas. El fichero que contiene este material complementario se encuentra en los Anexos de esta Guía Didáctica y se denomina "Anexos - Ficha Didáctica – I.4 – MC.ppt".

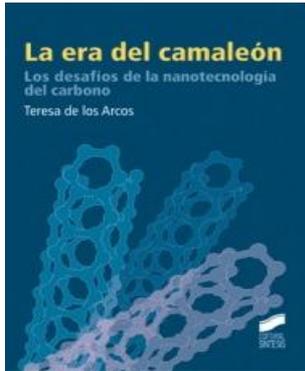
## MATERIALES COMPLEMENTARIOS

**RELACIÓN DE FICHAS CON MATERIALES COMPLEMENTARIOS**

<b>CLAVE DE LA FICHA</b>	<b>TÍTULO DE LA FICHA DIDÁCTICA</b>	<b>TIPO DE FICHERO</b>
I.1	ESCALAS: UN PASEO DE LO GRANDE A LO PEQUEÑO	Fichero POWER POINT
I.2	LA IMPORTANCIA DE LOS EFECTOS DE TAMAÑO EN NANOTECNOLOGÍA	Fichero POWER POINT
I.3	EL TAMAÑO Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DE LOS NANOSISTEMAS	Fichero POWER POINT
I.4	NANOMATERIALES DE CARBONO	Fichero POWER POINT
I.5	LA NANOESCALA EN LOS SERES VIVOS	Fichero POWER POINT
I.6	SUPERFICIES SUPERHIDROFÓBICAS: EFECTO LOTO	Fichero WORD
II.3	SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA RECUBIERTAS DE CITRATO. ESTABILIDAD EN SOLUCIONES DE DISTINTA COMPOSICIÓN	Fichero POWER POINT
II.4	SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE ÓXIDO DE HIERRO	Fichero MOV (Película)
II.5	MOLDEO DE SUPERFICIES NANO / MICROESTRUCTURADAS. INTERACCIÓN DE LA LUZ VISIBLE CON NANOPATRONES SUPERFICIALES	Fichero POWER POINT
II.6	MICROTÚBULOS: NANOESTRUCTURAS MULTIFUNCIONALES	Fichero POWER POINT
III.1	MICROSCOPIOS DE FUERZAS ATÓMICAS: LOS OJOS DEL NANOMUNDO	Fichero POWER POINT
III.3	LA IMPORTANCIA DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X EN LAS NANOCIENCIAS	Fichero POWER POINT
IV.1	LA NANOTECNOLOGÍA DE NUESTROS ANTEPASADOS	Fichero POWER POINT
IV.2	NANOPARTÍCULAS Y SU USO PARA CONSTRUIR UN NANOSENSOR	Fichero POWER POINT
IV.4	LOS NANOMATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN	Fichero POWER POINT
V.1	NANOTECNOLOGÍA: LA REVOLUCIÓN DE LO CHIQUITO	Fichero POWER POINT
V.2	NANOTECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD. OPORTUNIDADES Y RIESGOS	Fichero POWER POINT
V.3	LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DEL SIGLO XXI: OPORTUNIDADES DE LA NANOTECNOLOGÍA	Fichero POWER POINT
V.4	LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DEL SIGLO XXI: RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGÍA	Fichero POWER POINT
V.5	ASPECTOS ÉTICOS Y SOCIALES DE LA NANOTECNOLOGÍA: NANOPÁNICO O NANOEUFORIA	Fichero WORD
V.6	IMPLICACIONES SOCIALES, RIESGOS, PRECAUCIÓN, NORMATIVA	Tres Ficheros POWER POINT

# **13. RECURSOS DIDÁCTICOS: LIBROS SOBRE NANOTECNOLOGÍA**

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



¿Qué sabemos de la nanotecnología?  
P.A. Serena  
La Catarata-CSIC (2010)



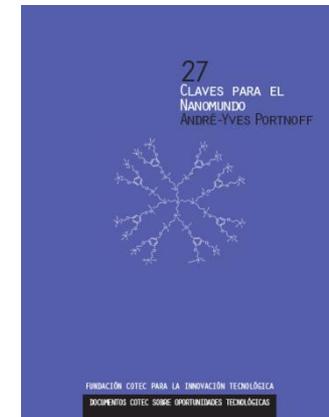
Una revolución en miniatura  
A. Menéndez  
Servicio de Publicaciones de la U. de Valencia (2010)



Aplicaciones Industriales de la Nanotecnología en España en el Horizonte 2020  
VV.AA (<http://www.opti.es>)



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



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

# **14. OTROS RECURSOS: CONFERENCIAS**

Desde hace casi 20 años hay un buen número de personas que se dedican a dar charlas de divulgación sobre nanotecnología. El ponente participó en una de las primeras actividades de divulgación de la nanotecnología en 1996: El Tour Cuántico.

EL PAÍS.COM | Internacional | Política | España | Deportes | Economía | Gente y TV | Sociedad | SModa

EL PAÍS edición impresa

EL CA  
• Rec

Domingo, 15/1/2012

SECCIONES DE LA EDICIÓN IMPRESA:

Primera Internacional España Economía Opinión Viñetas **Sociedad** Cultura Tendencias Gente Obituarios Deportes Pantalla Última

Estás en: [ELPAIS.com](#) > [Edición impresa](#) > [Sociedad](#)

# Mecánica cuántica encima de la mesa

Unos físicos españoles hacen un experimento sencillo en el que se ven saltos de corriente entre dos cables

ALICIA RIVERA, Madrid - 08/11/1995

Vota ☆☆☆☆☆ Resultado ★★★★★ 57 votos

Twitter 0

Recomendar

Kiosko y más  
Accede a EL PAÍS y todos sus suplementos en formato pdf enriquecido

ACCEDER

publicidad

Con dos cables, una pila de voltio y medio, una resistencia y un osciloscopio encima de una mesa se puede ver la mecánica cuántica. Un equipo de físicos españoles ha descubierto que el principio cuántico que subyace a tantos fenómenos físicos, según el cual la corriente no fluye en un continuo, sino en paquetes de energía -cuantos-, se hace visible en un experimento casero. Se golpea la mesa y esos cuantos se aprecian como saltos en la pantalla del osciloscopio, sobre todo al inicio y poco antes de la ruptura del contacto, cuando la corriente que pasa entre los cables es muy pequeña.

A partir de ahora, los profesores y alumnos de los colegios no podrán argumentar que la mecánica

» [Simplicidad y belleza en la ciencia](#)

<http://www.elpais.com/diario/internacional/>

# “POR HACER ESTO SÍ ME PAGAN...”

Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.

<http://www.boe.es/boe/dias/2011/06/02/pdfs/BOE-A-2011-9617.pdf>

## PREÁMBULO.

... En particular, reconoce las actividades de divulgación y de cultura científica y tecnológica como consustanciales a la carrera investigadora, para mejorar la comprensión y la percepción social sobre cuestiones científicas y tecnológicas y la sensibilidad hacia la innovación, así como para promover una mayor participación ciudadana en este ámbito.

## Artículo 13. Personal investigador.

1. A los efectos de esta ley, se considera personal investigador el que, estando en posesión de la titulación exigida en cada caso, lleva a cabo una actividad investigadora, entendida como el trabajo creativo realizado de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluidos los relativos al ser humano, la cultura y la sociedad, el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones, su transferencia y su divulgación.



## GRUPO CSIC-NANODYF

Pedro A. Serena Domingo ([pedro.serena@icmm.csic.es](mailto:pedro.serena@icmm.csic.es))

José Ángel Martín Gago ([gago@icmm.csic.es](mailto:gago@icmm.csic.es))

Agustina Asenjo Barahona ([aasenjo@icmm.csic.es](mailto:aasenjo@icmm.csic.es))

Jesús Ricote Santamaría ([jricote@icmm.csic.es](mailto:jricote@icmm.csic.es))

Mar García Hernández ([marmar@icmm.csic.es](mailto:marmar@icmm.csic.es))

Víctor Ramón Velasco Rodríguez ([vrvr@icmm.csic.es](mailto:vrvr@icmm.csic.es))

Carlos Briones Llorente ([cbriones@cab.inta-csic.es](mailto:cbriones@cab.inta-csic.es))

Fernando Luis Vitalla ([fluis@unizar.es](mailto:fluis@unizar.es))

Sara López ([saralc@icmm.csic.es](mailto:saralc@icmm.csic.es))

Pedro Gómez Romero ([pedro.gomez@cin2.es](mailto:pedro.gomez@cin2.es))

Marcos Zayat Souss ([marcos.zayat@icmm.csic.es](mailto:marcos.zayat@icmm.csic.es))

Ricardo Díez Muiño ([rdm@ehu.es](mailto:rdm@ehu.es))

Javier Aizpurua Iriazabal ([aizpurua@ehu.es](mailto:aizpurua@ehu.es))

Jordi Arbiol Cobos ([arbiol@icrea.cat](mailto:arbiol@icrea.cat))

Gerard Tobias ([gerard.tobias@icmab.es](mailto:gerard.tobias@icmab.es))

Olga Isabel Río Suárez ([rio@ietcc.csic.es](mailto:rio@ietcc.csic.es))

M<sup>a</sup> Cruz Alonso Alonso ([mcalonsdo@ietcc.csic.es](mailto:mcalonsdo@ietcc.csic.es))

Mónica Luna Estévez ([mluna@imm.cnm.csic.es](mailto:mluna@imm.cnm.csic.es))

Francesc Pérez Murano ([Francesc.Perez@csic.es](mailto:Francesc.Perez@csic.es))

En 2014 se realizaron unas 80 actuaciones en formación y divulgación de la nanotecnología

# **15. OTROS RECURSOS: VISITAS GUIADAS**

# VISITAS A CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Desde el año 2001 el ICMM ha realizado diferentes actividades de divulgación, muchas de ellas relacionadas con la nanotecnología. En concreto el programa de visitas guiadas es una de las “estrellas” del ICMM.

menu

- Guided Tours
- Superconductivity
- SPMage Contest
- Documents

Outreach



## Guided Tours 2015

Throughout the semester, visits are organized the last Friday of the month.

- [grupos de alumnos de ESO y](#)
- [Bachillerato.](#)

Guided tours in English are only available under request. Please contact [visitas@icmm.csic.es](mailto:visitas@icmm.csic.es)

January							February						
Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
			1	2	3	4							1
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8

Superconductividad

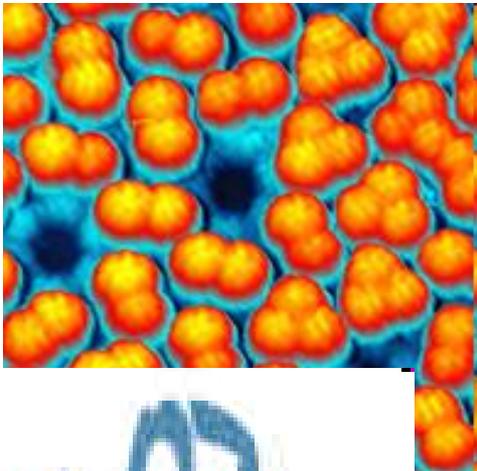
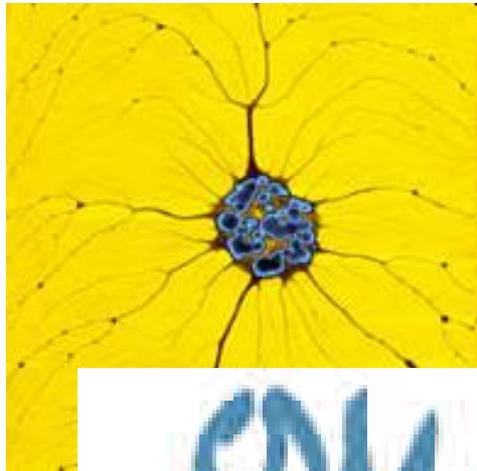
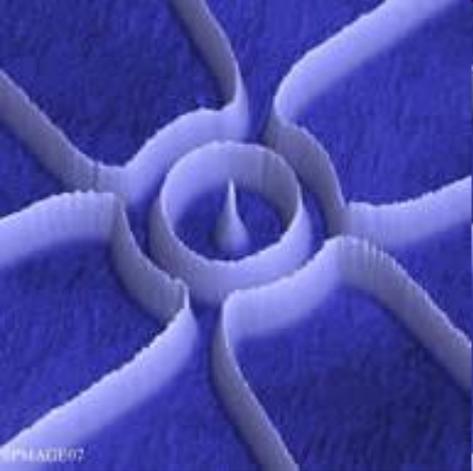
twitter

Superconductividad

YouTube

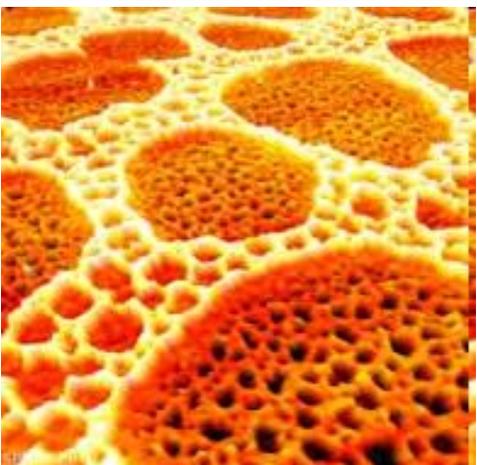
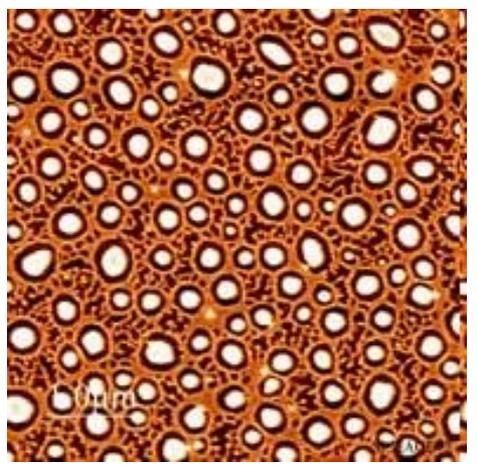
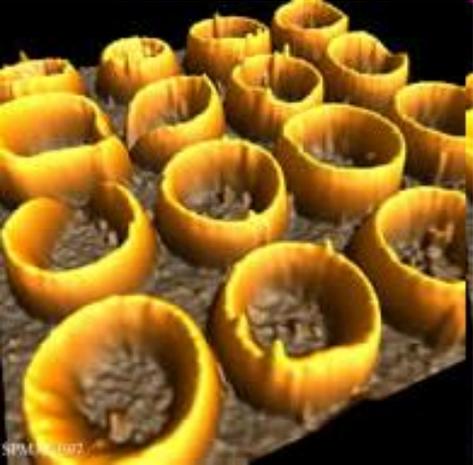
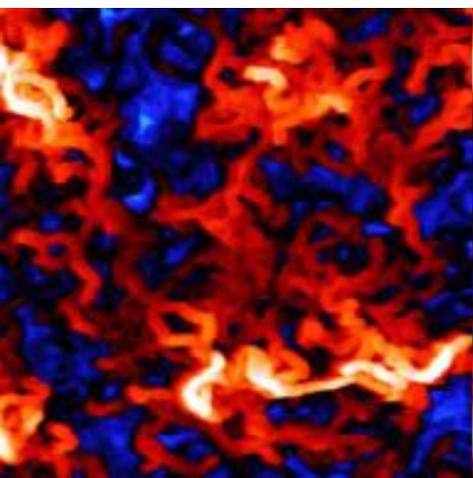
<http://www.icmm.csic.es/outreach/guided-tours.php>

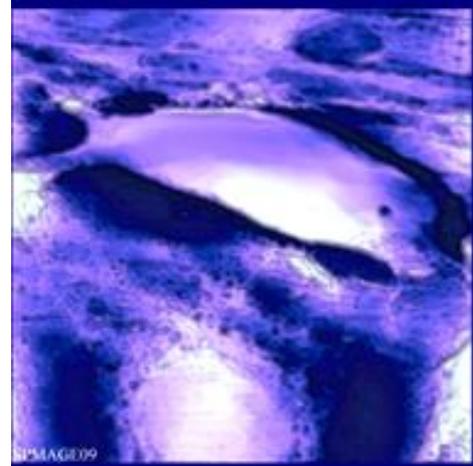
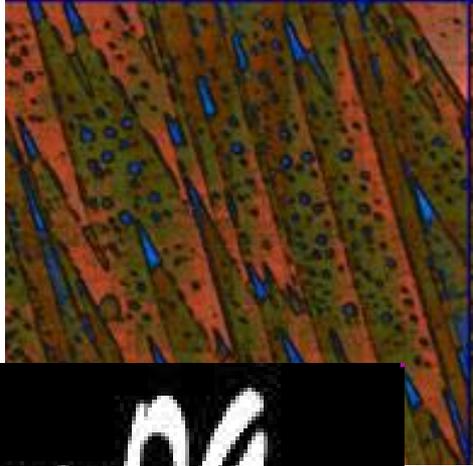
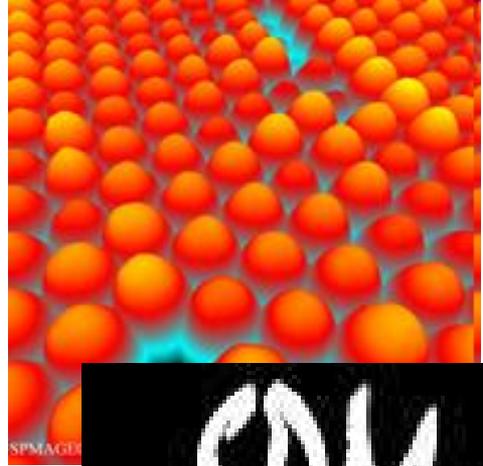
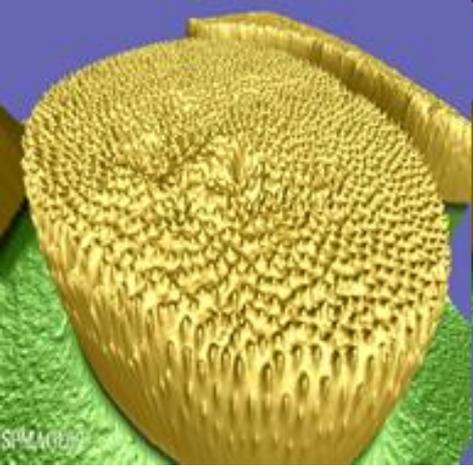
# **16. OTROS RECURSOS: EXPOSICIONES**



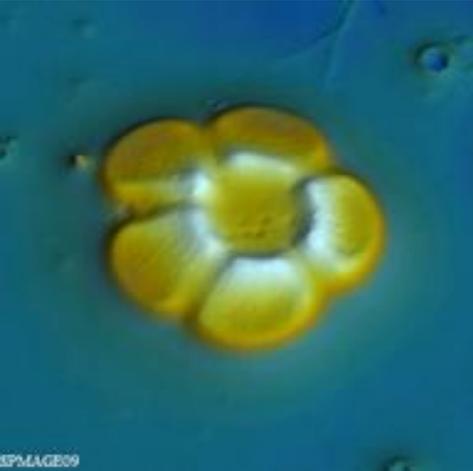
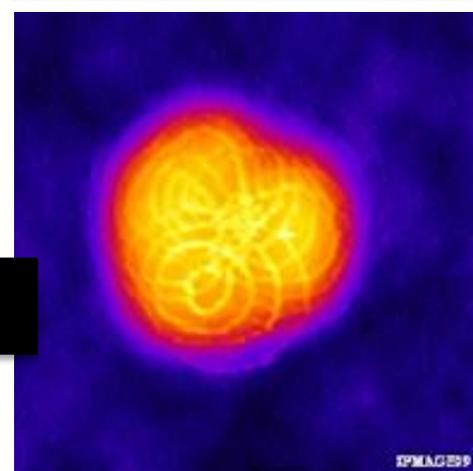
# SPMAGE07 EDITION

<http://www.icmm.csic.es/spmage/>

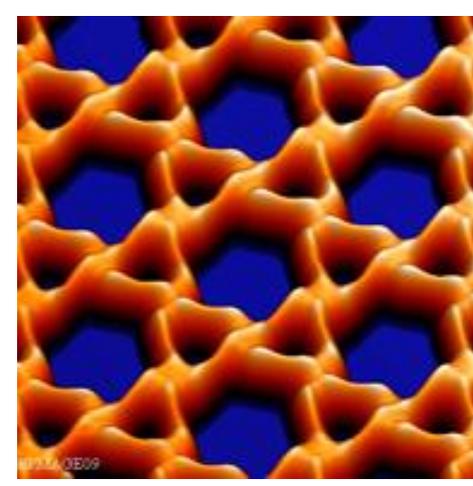
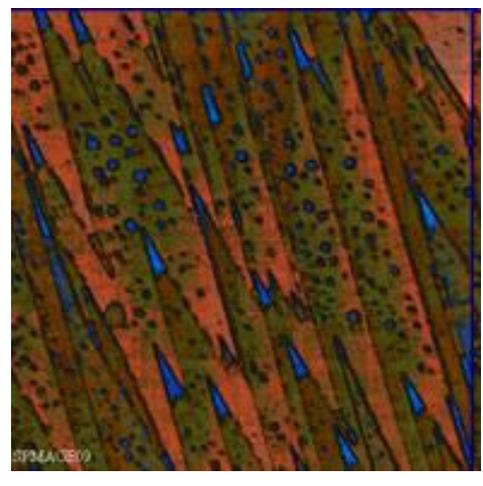
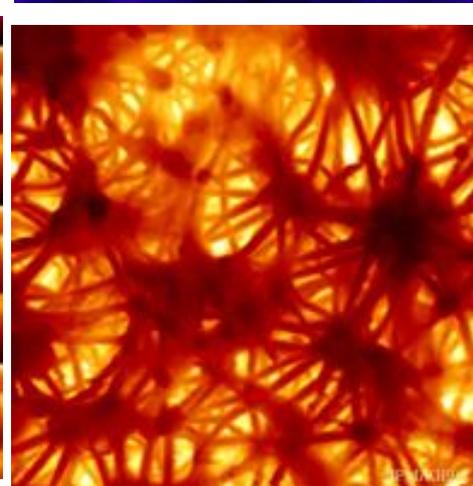




# SPMAGE09 EDITION



<http://www.icmm.csic.es/spmage/>



SPMAGE09

# EXPOSICIÓN “UN PASEO POR EL NANOMUNDO”



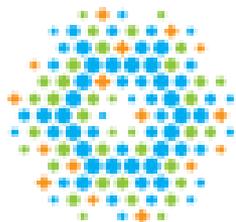
# EXPOSICIÓN “UN PASEO POR EL NANOMUNDO”

Desde marzo de 2012 la exposición se promociona a través de la página de la Unidad de Cultura Científica del CSIC, donde aparece una descripción, una guía técnica, y el catálogo.

The screenshot shows the website interface for the exhibition. At the top, there are logos for the Spanish Government, the Ministry of Economy and Competitiveness, and CSIC. A search bar is located on the right. Below the navigation menu, the main content area features a breadcrumb trail: home > ciencia y sociedad > exposiciones > un paseo por el nanomundo. The main heading is 'UN PASEO POR EL NANOMUNDO'. The text describes the exhibition's goal of showcasing selected images from the 2007 and 2009 International Microscopy Image Competition (SPMAGED7 and SPMAGED9) organized by CSIC and the University of Madrid. It highlights various 'nanopaisajes' (nanopaisajes) such as carbon nanotubes, nanoparticles, and other nanostructures. Below the text is a section titled 'UNA SELECCIÓN DE LOS PANELES E IMÁGENES DE LA EXPOSICIÓN' which contains a large image of a 3D topographic map of a nanoscale surface, colored in shades of blue and red. At the bottom of this image are logos for the organizing institutions: 'COMITÉ ORGANIZADOR' (with logos for CSIC and the University of Madrid), 'ESPONSOR' (with logos for the Spanish Government and the Ministry of Economy and Competitiveness), and 'COLABORA' (with logos for the Spanish Government and the Ministry of Economy and Competitiveness). On the right side of the page, there is a vertical menu under the heading 'CIENCIA Y SOCIEDAD' with various categories like 'novedades', 'proyectos y actividades de divulgación', 'semana de la ciencia', 'ferias y congresos', 'exposiciones', 'la energía nos mueve', 'fotociencia9', 'entre moléculas', 'expedición malaspina', 'traspasar fronteras', 'biodiversidad', 'universo', 'darwin', 'de lo pequeño a lo grande', 'el CERN a través de los ojos de Peter Ginter', 'un paseo por el nanomundo' (highlighted), 'certámenes y concursos', and 'libros de divulgación'.

<http://www.csic.es/web/guest/un-paseo-por-el-nanomundo>

# EXPOSICIÓN “¡BIENVENIDO A LA NANODIMENSIÓN!”

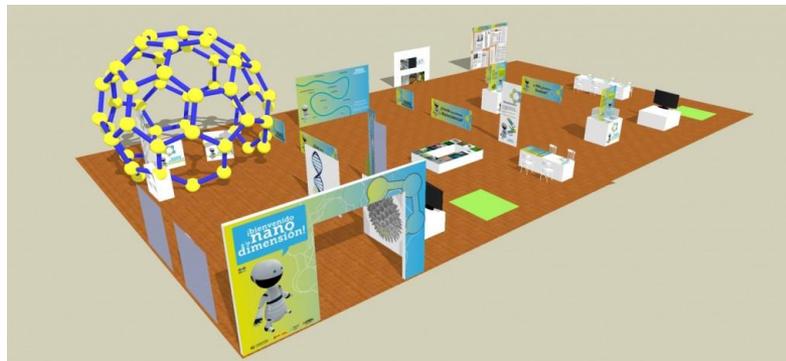


**esciencia**  
eventos científicos

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

## “¡Bienvenido a la Nanodimensión!”

Desde 2009, año en el que fue concebido el primer proyecto de nanociencia, la nanociencia ha llegado acompañada de la mano del INA y de ESCIENCIA a 28 ubicaciones distintas repartidas por todo Aragón entre salas de exposición y centros educativos, llegando a **más de 15.000 participantes**. Las exposiciones “Nanociencia: Un mundo a otra escala” y “¡Bienvenido a la Nanodimensión!” viajó desde Pabellón de la Ciencia, a 14 localidades distintas: Huesca, Graus, Barbastro, Jaca, Sabiñánigo, Binefar y Vencillón (Huesca); Teruel, Utrillas y Calamocho (Teruel); Zaragoza. Daroca, Alagón, Pedrola y Caspe (Zaragoza).



# **17. OTROS RECURSOS: CERTÁMENES**

# ¿QUÉ ES EL PROGRAMA INVESTIGA I+D+I?

<http://www.programainvestiga.org/>

Ver Video Presentación PROGRAMA INVESTIGA I+D+i

Presentación | ¿Cómo participar? | Panel de expertos | Calendario | Documentación | Enlaces | Prensa | Fotos | Noticias | Mapas

 fundación san patricio

## INVESTIGA I+D+i

Access to International Youth Scientific Congress Web Page

 ENTER INTERNATIONAL YOUTH SCIENTIFIC CONGRESS

### Vídeo presentación PROGRAMA INVESTIGA I+D+i

**Video Investiga**

**NANOTECNOLOGÍA Y NUEVOS MATERIALES**

Nanotubos de Carbono    Efecto túnel  
Estructura Atómica  
Materiales inteligentes    Mecánica Cuántica

03:26 HD :: vimeo

Video Investiga from AgenciaEtv

### Listado de seleccionados para la V semana del Investigador

▸ [Línea de Salud](#)

Laura Pérez Marrero, Seleccionado  
Lara Pulido Fraiz, Seleccionado  
Enrique Rodríguez Martínez, Seleccionado  
Sara Linares Calero, Primer reserva

# ¿QUÉ ES EL PROGRAMA INVESTIGA I+D+I?

## Principales Objetivos:

- Desarrollar **el interés** de los alumnos que van a comenzar el bachillerato, **por la innovación y la investigación**.
- Ayudar a los alumnos a **elegir** la opción de bachillerato más adecuada.
- Fomentar en ellos el **espíritu investigador e innovador** como forma de motivarles hacia sus estudios de bachillerato.
- Enseñar a los alumnos a **desarrollar proyectos** de investigación que les sirvan como metodología de trabajo.
- Fomentar la **transferencia de experiencias** relacionadas con el desarrollo tecnológico entre unos alumnos y otros.
- Facilitar a los alumnos herramientas de apoyo que les permitan desarrollar proyectos de I+D+i en el futuro. En particular desarrollar la **capacidad de búsqueda** de información técnica, así como el adecuado **manejo de sus fuentes**.
- **Integrar** el desarrollo de **este tipo de proyectos** en la organización general de las diferentes áreas **en Colegios e Institutos**.
- Fomentar el uso de documentación en **idioma Inglés**.
- Acostumbrar a los alumnos a la **terminología propia** de sus campos de interés.

# ¿QUÉ ES EL PROGRAMA INVESTIGA I+D+I?

Ver Vídeo Presentación PROGRAMA INVESTIGA I+D+i



[Presentación](#) [¿Cómo participar?](#) [Panel de expertos](#) [Calendario](#) [Documentación](#) [Enlaces](#) [Prensa](#) [Fotos](#) [Noticias](#) [Mapas](#)

## INVESTIGA I+D+i

Access to International Youth Scientific Congress Web Page



### Participación

- El período de inscripción para la edición de este año ha terminado

Temas

Fase  
Escolar

Congreso  
Investiga

Semana del  
Investigador

Congreso  
Internacional

[Participa en nuestro foro](#)



**García Castro, Javier**

Doctor en Ciencias Biológicas (Universidad Complutense de Madrid) y Científico Titular del Instituto de Salud Carlos III, donde dirige la Unidad de Biotecnología Celular. Máster en gestión de empresas biotecnológicas (Aliter). Ha desarrollado su actividad científica en la Universidad Complutense de Madrid, CIEMAT, Gene Therapy Center (EEUU), Centro Nacional de Biotecnología, Banco Andaluz de Células Madre e ISCIII. Copromotor de varias empresas biotecnológicas y patrono de la Fundación Oncohematología Infantil. En la actualidad, sus líneas de investigación se centran en la lucha contra el cáncer infantil y las aplicaciones biomédicas de la Terapia Celular, incluyendo su aplicación en ensayos clínicos.



• **de Miquel Llanes, Eduardo**

Investigador del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Actualmente es jefe del Laboratorio de Tratamiento de Imágenes dentro del Área de Teledetección del INTA. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid, realizó estudios de postgrado sobre edafología y teledetección. Desde el año 1992 trabaja en el campo de la Observación de la Tierra, siempre dentro del INTA. Se ha especializado en la definición e implementación de sistemas de proceso y distribución de imágenes de teledetección (PAFs), obtenidas tanto desde plataformas aéreas como de satélite, y en la calibración geométrica, radiométrica y espectral de tales imágenes. Entre sus responsabilidades presentes se encuentra la dirección del PAF del Área de Teledetección del INTA y la definición y validación de algoritmos científicos para el futuro satélite español de Observación de la Tierra (SEOSAT/Ingenio).



• **Ballesteros, D<sup>a</sup> Mercedes**

Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid, dirige la Unidad de Biomasa de la División de Energías Renovables del Departamento de Energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Es miembro de la Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT) y de la Asociación para la Difusión del Aprovechamiento de la Biomasa en España (ADABE).



• **De No Sánchez de León, D. José**

Licenciado y Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Valladolid, ha realizado toda su carrera científica en el Instituto de Automática Industrial del CSIC (convertido recientemente en Centro de Automática y Robótica, centro mixto del CSIC y la Universidad Politécnica de Madrid) donde puso en marcha la línea de investigación de Robótica. Ha sido Subdirector General de Automática y Robótica y de Automatización y Tecnologías de la Producción del Ministerio de Industria y Energía, y Director de la Oficina de Transferencia de Tecnología y del Departamento de Postgrado y Especialización del CSIC. Ha participado en la creación de la Asociación Española de Robótica. Su actividad actual se enfoca a la planificación estratégica en ciencia y tecnología y a las relaciones entre investigadores y empresas para el aprovechamiento social de la investigación y la generación de riqueza.



• **Del Real, D. Gustavo**

Doctor en Biología por la Universidad de León y Licenciado en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid e investigador titular en el Departamento de Biotecnología del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid, donde trabaja sobre la patogénesis de la gripe y el desarrollo de vacunas frente a ésta enfermedad.



• **Serena Domingo, D. Pedro A.**

Doctor en Ciencias (Físicas) por la Universidad Autónoma de Madrid y es investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ha trabajado en la modelización y estudio teórico de diversas propiedades de las superficies metálicas, clusters, nanohilos metálicos, nanotubos de carbono, virus, propagación de luz en nanoestructuras, etc.

De 2000 a 2004 fue coordinador de la Red NANOCIENCIA y ejerció la misma función en la Red NANOSPAIN de 2000 a 2005. Desde 2007 es co-gestor de la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología del Ministerio de Ciencia e Innovación. En 2009 fue nombrado miembro del Comité Científico Asesor del CSIC y en 2008 fue nombrado miembro del Consejo Asesor Científico del Parque Científico de Madrid. Ha tenido una amplia participación en tareas de divulgación, destacando su actividad como co-organizador del concurso internacional de Imágenes del Nanomundo (ediciones SMPAGE07 y SDMACE00) y como comisario de las exposiciones "Un vistazo al Nanomundo" (2007-2010) y "Un paseo por el nanomundo"



# EL PANEL DE EXPERTOS PROPONE UNAS TEMÁTICA ESPECÍFICAS DE TRABAJO

# Temas. Convocatoria 2013-2014

Terapia celular

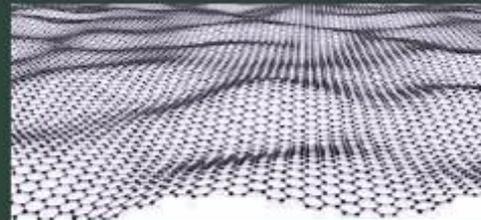
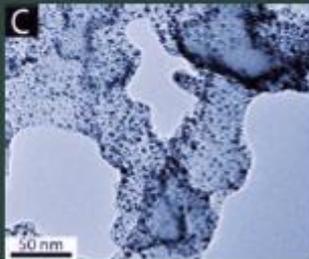


Observación  
aeroespacial de la  
Tierra



Energía solar de  
concentración

Biodiversidad y extinción de  
especies



El grafeno

# TEMAS “NANO” EN LAS EDICIONES 2009-2014

## Presentaciones edición 2013-2014

<b>Terapia Celular</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Energía Solar de Concentración</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Observación Aeroespacial de la Tierra</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>El Grafeno</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Biodiversidad</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>
--	---	--	---	--

## Presentaciones edición 2012-2013

<b>Diagnóstico genético de enfermedades en el siglo XXI</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Arquitectura bioclimática</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Percepción artificial</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Nano-robots, ¿realidad ó ciencia ficción?</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Clonación de seres vivos</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>
---	--	--	--	---

## Presentaciones edición 2011-2012

<b>Eficiencia energética, ahorro energético en tu hogar</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Combustibles del futuro</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Nanotecnología para la alimentación y el consumo</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Alergias en las sociedades desarrolladas</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Seguridad informática</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>
---	--	---	---	--

## Presentaciones edición 2010-2011

<b>El Almacenamiento de Energía</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Inteligencia Artificial</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Aplicaciones de la Manipulación Genética</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Aplicaciones de la Neurociencia a lucha contra la Discapacidad</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Nuevos Materiales aplicados al Deporte</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>
---	--	---	---	---

## Presentaciones edición 2009-2010

<b>Biocombustibles</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>El uso y la generación de hidrógeno</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Nanotecnología para la alimentación y el consumo</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Pandemias en un mundo globalizado</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>	<b>Seguridad informática</b> ▶ <a href="#">Descarga la presentación</a>
--	--	---	--	--

# Fase escolar

## ¿Quién?

Todos los centros inscritos

## ¿Cómo se participa?

Por centro, inscribiendo tantos alumnos como lo deseen, y presentando finalmente 5 trabajos individuales, uno por cada tema.

## ¿En qué consiste?

Preparar un trabajo de cada uno de los 5 temas

## ¿Cuándo?

Desde septiembre a marzo

## ¿Cómo se pasa a la siguiente fase?

- Los expertos evalúan el trabajo de cada tema
- Los puntos conseguidos por el centro le permiten clasificarse



# Congreso INVESTIGA I+D+i

## ¿Quién?

Los miembros de los centros seleccionados y sus profesores

## ¿Cómo se participa?

Individualmente

## ¿En qué consiste?

Participar en un evento durante un fin de semana realizando las actividades siguientes:

- Puesta en común de los trabajos realizados
- Trabajo en equipo
- Reuniones con los expertos
- Actos culturales

## ¿Cuándo?

Fin de semana del 9 al 11 de mayo de 2014

## ¿Cómo se pasa a la siguiente fase?

- Mediante el trabajo desarrollado que será evaluado por la organización
- Asimismo se valorará la participación en los distintos foros

## LA FASE INICIAL DEL CONGRESO INVESTIGA I+D+i SE CELEBRA EN EL CAMPUS CENTRAL DEL CSIC EN MADRID, CON ASISTENCIA DE AUTORIDADES MINISTERIALES Y ACADÉMICAS



# CONGRESO INVESTIGA I+D+I EN EL CSIC: UNA MAÑANA EN EL “TEMPLO” DE LA CIENCIA ESPAÑOLA



**TRAS EL EVENTO EN EL CSIC LOS ALUMNOS Y PROFESORES, CON EL RESTO DE LA ORGANIZACIÓN, SE TRASLADAN AL EUROFORUM DE EL ESCORIAL (MADRID) DONDE COMIENZAN LOS TRABAJOS DE LOS CINCO EQUIPOS LIDERADOS POR MONITORES (GANADORES DE ANTERIORES EDICIONES).**

**ANTES DE LA REUNIÓN LOS MONITORES SON ENTRENADOS EN TÉCNICAS DE TRABAJO EN GRUPO, GESTIÓN DE TORMENTAS DE IDEAS, DESARROLLO DE REUNIONES, ...**



**LA ACTIVIDAD TRANSMITE UNA SERIE DE VALORES Y FOMENTA CIERTAS CAPACIDADES.**



**AHORA L@S  
ESTUDIANTES/AS SON  
L@S EXPERT@S**



# FINALMENTE... EL TRABAJO ES RECOMPENSADO... CON MÁS TRABAJO...¡LA SEMANA DEL INVESTIGADOR!



## Semana del investigador

fundación  
san patricio

### ¿Quién?

Los participantes seleccionados

### ¿Cómo se participa?

Individualmente

### ¿En qué consiste?

Colaborar durante varios días en un centro investigador nacional de referencia, en el área de investigación del trabajo realizado. Se complementa con visitas a centros españoles de investigación.

### ¿Cuándo?

Finales de junio de 2014

**LOS TRES ALUMNOS SELECCIONADOS EN LA TEMÁTICA DE LA  
NANOTECNOLOGÍA REALIZAN UNA ESTANCIA DE TRES DÍAS EN EL  
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE MADRID**

# ...Y LUEGO TAMBIÉN HAY ALGUNA RECOMPENSA LÚDICA (Y CON MÁS CIENCIA DE POR MEDIO)



# **18. OTROS RECURSOS: SERIES DE TELEVISIÓN**

## Menú

Mediateca por meses  
Mediateca por series  
Buscador  
Buscador avanzado  
FAQ  
Enlaces de interés

## Categorías

Recursos educativos  
Destacados TV  
Destacados RADIO  
Teleactivos  
Noticias

## Teleactivos

09:30 Congreso InterESTRATI...

## De buscado

UNED Institucional  
UNED Cultural  
UNED Editorial

## Mediateca

551 Series  
7512 Vídeos  
5875 Audios  
4463.89 Horas

## Contacto

canaluned@adm.uned.es

Síguenos:



## ¿Qué sabemos de... Nanotecnología?

## Vídeos de la serie

22 de noviembre de 2013



"¿Qué sabemos de... Nanotecnología?. Capítulo 1. El Grafeno."

La UNED en TVE-2

Video | Castellano | Visto: 575 veces

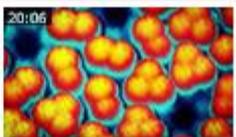
Pedro A. Serena Domingo

Investigador científico del Instituto de Ciencias de los Materiales, CSIC

Francisco Guinea

Físico Teórico del Instituto de Ciencias de los Materiales de CSIC

10 de enero de 2014



"¿Qué sabemos de... Nanotecnología? Capítulo 2. Nanotubos de Carbono."

La UNED en TVE-2

Video | Castellano | Visto: 323 veces

Pedro A. Serena Domingo

Investigador científico del Instituto de Ciencias de los Materiales, CSIC

Ángel Maroto Valiente

profesor del Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica, UNED

31 de enero de 2014



"¿Qué sabemos de... Nanotecnología? Capítulo 3. Magnetismo."

La UNED en TVE-2

Video | Castellano | Visto: 133 veces

Pedro A. Serena Domingo

Investigador científico del Instituto de Ciencias de los Materiales, CSIC

Agustina Azenjo

Investigadora del Instituto de Ciencias de los Materiales, CSIC

14 de marzo de 2014



"¿Qué sabemos de... Nanotecnología? Capítulo 4. De la Nanociencia a la Nanotecnología."

La UNED en TVE-2

Video | Castellano | Visto: 131 veces

Pedro A. Serena Domingo

Investigador científico del Instituto de Ciencias de los Materiales, CSIC

José Ángel Martín Gago

Físico Investigador del Instituto de Ciencias de los Materiales, CSIC

02 de mayo de 2014



"¿Qué sabemos de... Nanotecnología? Capítulo 5. Nanomedicina."



- 22 de noviembre de 2013. Capítulo 1. El Grafeno. Francisco Guinea.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/15814>
- 10 de enero de 2014. Capítulo 2. Nanotubos de Carbono. Ángel Maroto Valiente.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/16606>
- 31 de enero de 2014. Capítulo 3. Magnetismo. Agustina Asenjo. <https://canal.uned.es/mmobj/index/id/17133>
- 14 de marzo de 2014. Capítulo 4. De la Nanociencia a la Nanotecnología. José Ángel Martín Gago.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/18198>
- 02 de mayo de 2014. Capítulo 5. Nanomedicina. Montserrat Calleja.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/19385>
- 13 de junio de 2014. Capítulo 6. Nanoelectrónica. José Luis Costa-Kramër.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/20365>
- 11 de julio de 2014. Capítulo 7. Biomedicina. María del Puerto Morales Herrero.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/20886>
- 12 de septiembre de 2014. Capítulo 8. Nanotecnología y Química. Antonio Guerrero Ruiz.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/21165>
- 17 de octubre de 2014. Capítulo 9. El vino. Victoria Moreno Arribas.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/21609>
- 31 de octubre de 2014. Capítulo 10. Fotónica. Ceferino López Fernández.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/21960>
- 28 de noviembre de 2014. Capítulo 11. Dispositivos nanofotónicos. Pablo Aitor Postigo Resa.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/22627>
- 19 de diciembre de 2014. Capítulo 12. Nanobiotecnología. Fernando Moreno Herrero.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/23256>
- 30 de enero de 2015. Capítulo 13. Técnicas de microscopía. Ricardo García García.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/23986>
- 06 de marzo de 2015. Capítulo 14. Materiales Nanoestructurados: cerámica y vidrio. José Francisco Fernández Lozano. <https://canal.uned.es/mmobj/index/id/24678>
- 13 de marzo de 2015. Capítulo 15. Biotrasductores de Interacciones Moleculares. Mónica Luna Estévez.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/25599>
- 17 de abril de 2015. Capítulo 16. Astrobiología y Nanotecnología. Carlos Briones Llorente.  
<https://canal.uned.es/mmobj/index/id/25599>

# **19. OTROS RECURSOS: TALLERES**



PEAC

Programa de Enrichimiento Educativo para Alumnos con Altas Capacidades EDUCAMADRID

Buscar...

Acceder



Inicio

Información general

Sedes

Familias

Recursos

Prensa

Privado

Resumen 2013-2014

# Taller: "Explorando el Nanomundo" (29-03-2014).

**Taller: "Explorando el Nanomundo"**

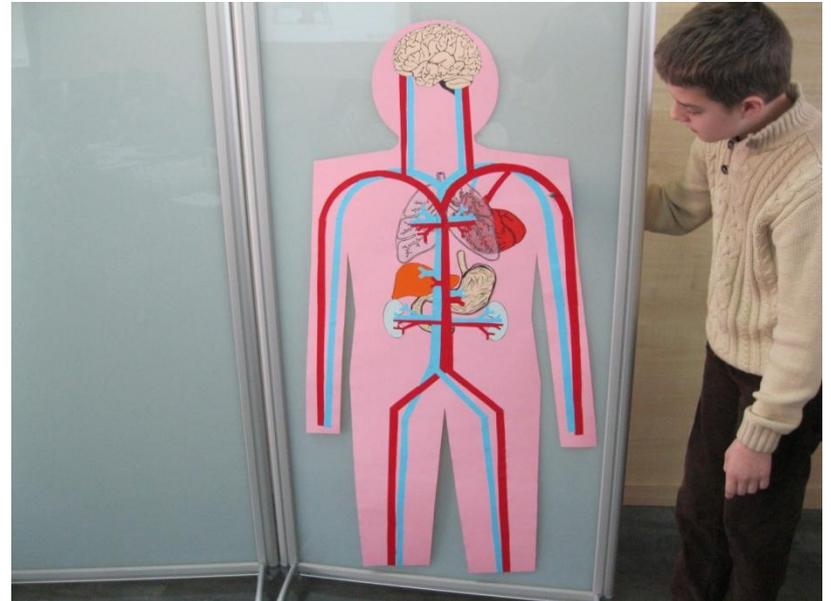
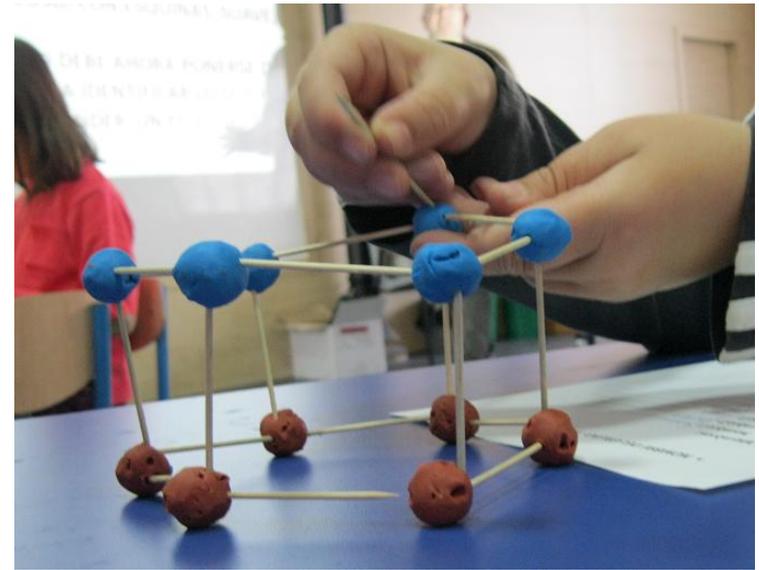
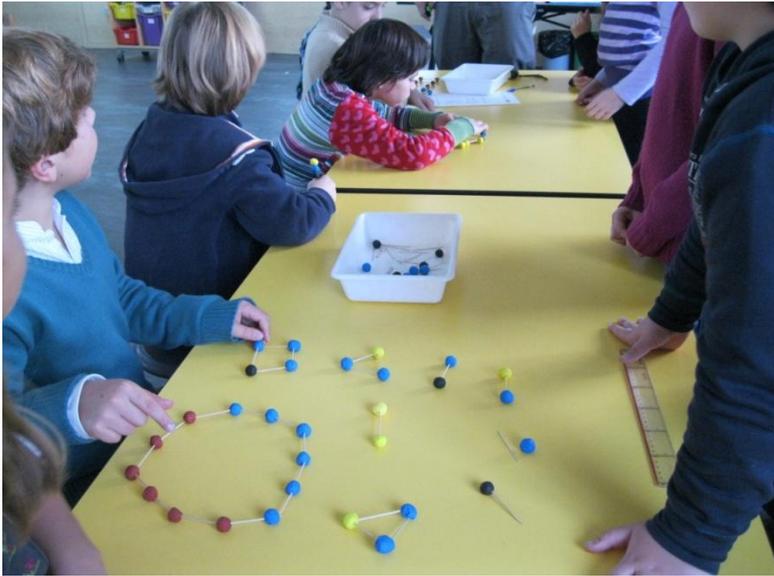
Se realizó en realidad el día 29 de marzo con los alumnos de 2º de Primaria y estuvo a cargo del profesor Pedro Teresa, del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del CIC.

**Objetivos:**  
 Fomentar los objetivos de la actividad así como el de "manejo de información propia de la Nanociencia y la Nanotecnología".

**Actividades:**  
 El día comienza con una presentación en Power Point. Los actividades que se realizaron, después de formar seis equipos de cuatro o cinco alumnos cada uno, fueron las siguientes:

- 1.- La máquina imaginaria "Cigarrillo"  
 Esta actividad sirvió de presentación del taller. En ella se fue explicando, mediante una animación de imágenes, el viaje desde lo más "grande" a lo más "pequeño", hasta llegar a la escala nanométrica.
- 2.- El LEGOestromo. (Vamos a fabricar moléculas)  
 Utilizando pedacitos y bolitas de plastilina, los alumnos inventaron las configuraciones geométricas de algunas moléculas, usando las fórmulas que iban apareciendo en la pantalla, luego se explicaron las configuraciones reales y se vio que muchos habían acertado, comparando los modelos reales y los inventados.
- 3.- Prepara el nanomundo, prepara el nanomundo. ¡Voy a hacer átomo!  
 En esta actividad se planteó un juego en el que todos los participantes pasaron por una mesa con cuatro cajas etiquetadas como "S", "R", "C" y "O". Cada una tenía la parte superior cubierta con una tela negra en la que se había practicado una ranura, a través de la cual se podía introducir la mano. El participante debía probar con los dedos las diferentes estructuras que había en cada caja. Cada equipo debía identificar las estructuras pasando, entre una serie de cuatro paquetes, entre una serie de cuatro paquetes que se mostraban en una hoja de respuestas. Esta actividad permitió comprender cómo se puede identificar la forma de una superficie sin utilizar la vista, usando una "tactil" (la mano) y una "transparencia" (el sentido del tacto). Se trabajó el concepto de microscopio de efecto túnel.

Pedro A. Teresa, de 40 años, es investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Es licenciado y doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid, realizó su estancia posdoctoral en el laboratorio de Iliu en Zurich (Suiza). Ha trabajado en el estudio teórico de las propiedades de superficies, transporte electrónico en nanohilos metálicos y nanotubos de carbono y en las propiedades mecánicas de virus y proteínas. Ha sido coordinador de la red de nanotecnología NANOTIC-AM desde 2000 a 2005, investigador del CSIC (2001-2004), miembro de la comisión de seguimiento del Plan Nacional de I+D+i (2004-2007), Director de la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología del Ministerio de Ciencia e Innovación en el periodo 2008-2011. En la actualidad es el Coordinador del Área de nanociencia del CIC. Ha participado activamente en tareas de divulgación, impartiendo innumerables conferencias. Ha sido cofundador de las exposiciones "Un minuto al nano mundo" y "Un game por el nano mundo", coautor de la unidad didáctica de Nanociencia y Nanotecnología (editada por RECTE), y autor del libro "¿Qué sabemos de la nanotecnología?" (editorial La Catarata - CIC) en la actualidad lidera el grupo CIC dentro de la red Iberoamericana de divulgación y formación en nanotecnología (nanotICIT) dentro del programa CTED.



# **20. ¿DÓNDE ESTUDIAR NANOTECNOLOGÍA?**

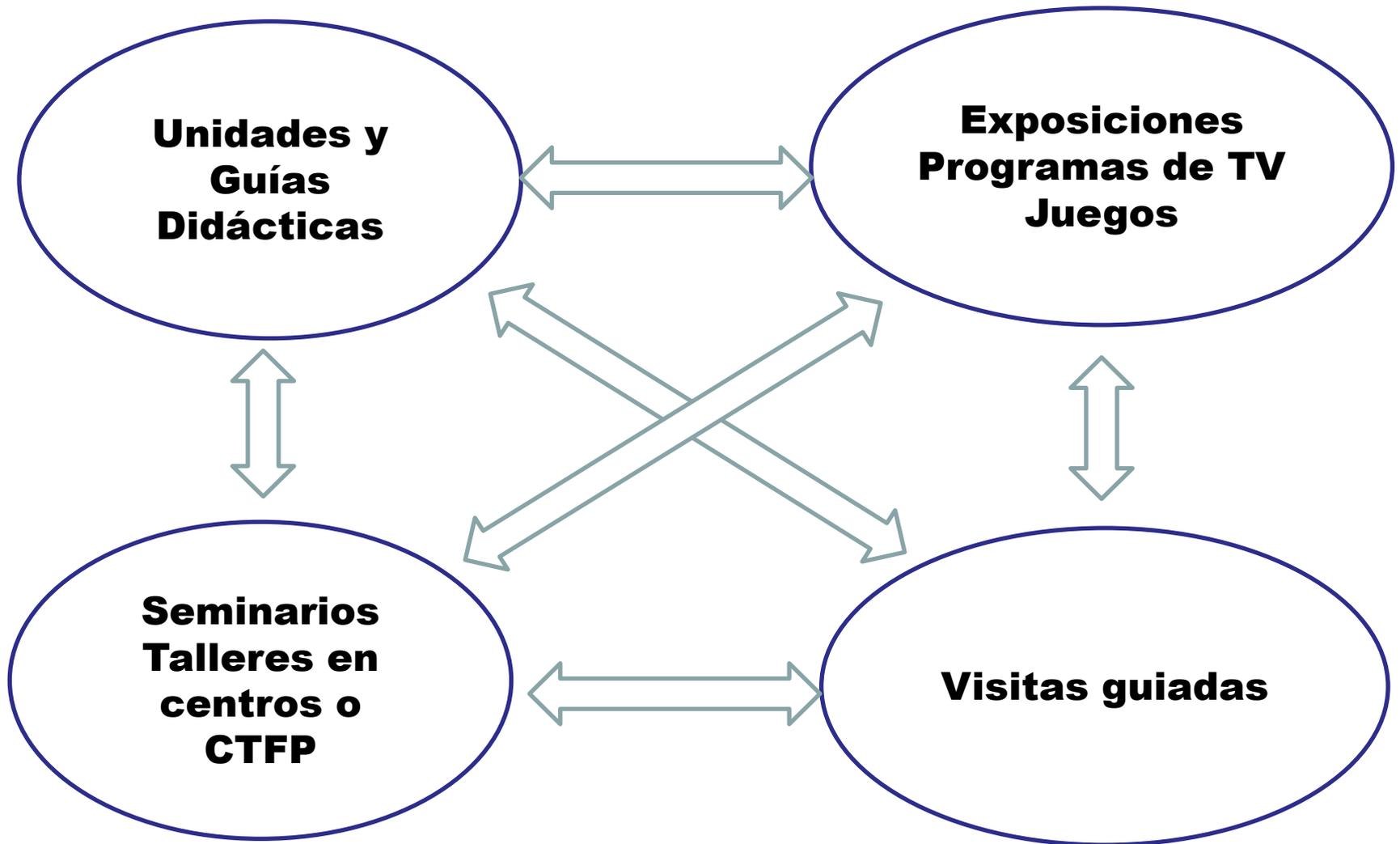
# LA NANOTECNOLOGÍA COMO MATERIA EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR EN ESPAÑA

- Nuevo esquema de Bolonia con re-definición de Grados, Maestrias y Doctorados.
- Esquema 4+1 se desea pasar al 3+2. El problema del modelo.
- La nanotecnología no se contempla como licenciatura (grado) en ninguna facultad/universidad salvo en la Universidad Autónoma de Barcelona, que ya ha completado la formación de un par de promociones.
- Hay contenidos relacionados con la nanotecnología en varias licenciaturas (por lo general en los últimos años de carreras como física y química)
- En 2007 había 15 programas (4 de doctorado y 11 de maestría) fuertemente relacionados con la nanotecnología. Hay otros 19 con una relación mediana con la nanotecnología. En la actualidad ese número ha crecido.

CURSO/PROGRAMA	UNIVERSIDAD	TIPO
Doctorado en Física de la Materia Condensada y Nanotecnología	Universidad Autónoma de Madrid	PhD
Física de la materia condensada	Universidad de Murcia	PhD
Física de la materia condensada (Interuniversitario)	Universidad de Oviedo	PhD
Física de la Materia Condensada	Universidad de Zaragoza	PhD
Master en Nanotecnología	Aliter	Master
Master en Nanotecnología	Universidad Autónoma de Barcelona	Master
Master en Ingeniería micro y nanoelectrónica	Universidad Autónoma de Barcelona	Master
Master en Física de la Materia Condensada y Nanotecnología	Universidad Autónoma de Madrid	Master
Master en Nanociencia y Nanotecnología Molecular	Universidad Autónoma de Madrid	Master
Erasmus Mundus Master Course- Molecular Nano and Bio-Photonics for Telecommunications and Biotechnologies	Universidad Complutense de Madrid	Master
Màster en Nanociència i Nanotecnologia	Universidad de Barcelona	Master
Master en Nanociencia y Nanotecnología Molecular	Universidad de Valencia / Fundación Universidad-Empresa	Master
Master en Nanociencia y Nanotecnología Molecular (Interuniversitario)	Universitat Jaume I	Master
Master en Nanociencia y Nanotecnología	Universitat Politècnica de Catalunya	Master
Màster oficial en Nanociència i Nanotecnologia	Universitat Rovira i Virgili	Master

# CONCLUSIONES

# SINERGIA ENTRE INICIATIVAS



**BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA  
Y  
ENLACES A PÁGINAS WEB DE INTERÉS.**



# **ANEXO I**

## **RECURSOS PARA EXPLICAR CÓMO EXPLORAMOS EL NANOMUNDO**

# RECURSOS PARA EXPLICAR CÓMO EXPLORAMOS EL NANOMUNDO

Vamos a dar unas pequeñas pautas sobre como abordar el tema de las técnicas de caracterización en Nanociencia y Nanotecnología.

Recordemos que las herramientas para la caracterización del micromundo son de tipo microscópicas, de campo cercano, computacionales, etc. En este espacio de tiempo vamos a referirnos a dos ejemplos concretos que pueden aplicarse en el aula:

- Cómo explicar cómo funciona un microscopio de sonda local (STM)
- Cómo explicar cómo funcionan los equipos de sondas no locales.
- Breves comentarios sobre materiales para computación en la nanoescala.

# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM):

## CARTELES

En el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC), existe una página web dedicada a Cultura Científica en la que hay decenas de carteles sobre diversos tópicos de la investigación en ciencia de materiales (<http://www.icmm.csic.es/divulgacion/posters/index.html> ).

En esta página podemos encontrar carteles, realizados por los distintos grupos de investigación del centro, dedicados a explicar el Microscopio de Efecto Túnel:

<http://www.icmm.csic.es/divulgacion/posters/NANO-Microscopia%20Tunel.pdf>

o la Microscopia de Fuerzas Atómicas:

<http://www.icmm.csic.es/divulgacion/posters/TEC-Microscopia%20de%20campo%20cercano.pdf>

The image shows a collection of 12 educational posters from the Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC). The posters are arranged in a 3x4 grid and cover various topics related to Scanning Tunneling Microscopy (STM). The top row includes posters on '¿Se pueden ver los átomos?' (Can we see atoms?), '¿Cómo funciona el microscopio STM?' (How does the STM microscope work?), and '¿Qué más podemos ver?' (What else can we see?). The middle row features '¿Qué es la autoorganización?' (What is self-organization?), '¿Podemos mover los átomos?' (Can we move atoms?), and 'Aplicaciones: ¿para qué puede servir?' (Applications: what can it be used for?). The bottom row contains '¿Qué más podemos ver?' (What else can we see?), '¿Podemos mover los átomos?' (Can we move atoms?), and 'Aplicaciones: ¿para qué puede servir?' (Applications: what can it be used for?). Each poster includes text, diagrams, and images illustrating the concepts. The posters are part of a larger collection available on the ICMM-CSIC website.

# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM):

## PÁGINAS WEB CON INFORMACIÓN

Existen cientos de páginas WEB con información sobre las herramientas SPM (videos, esquemas, artículos divulgativos, etc.).

En NANOYOU (<http://nanoyou.eu/>) existen algunos materiales que contienen contenidos relacionados con el STM y el AFM.

Los recursos se encuentran en la web:

<http://nanoyou.eu/es/nanodocentes/recursos.html?view=alphacontent>

En cuanto a artículos divulgativos hay mucha variedad. Por ejemplo se puede recomendar el artículo:

***“¿Se pueden ver los átomos?”***

***J. A. Martín Gago. Apuntes de Ciencia y Tecnología (6), Marzo 2003.***

[http://www.icmm.csic.es/wp-content/uploads/2009/02/viendo\\_atomos.pdf](http://www.icmm.csic.es/wp-content/uploads/2009/02/viendo_atomos.pdf)

# **CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM): PÁGINAS WEB CON INFORMACIÓN**

Estos son links a otros clips cortos (generalmente en inglés) donde aparecen vistosas explicaciones de las herramientas SPM:

<http://www.youtube.com/watch?v=47UgMpXFVj4>

<http://www.youtube.com/watch?v=YcqVJI8J6Lc>

<http://www.youtube.com/watch?v=ZfotHVtylq0>

<http://www.youtube.com/watch?v=5g43LWUI18Y>

[http://www.youtube.com/watch?v=WiFgwB\\_BADE](http://www.youtube.com/watch?v=WiFgwB_BADE)

<http://www.youtube.com/watch?v=DwB6l5cCf8E>

# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM): DISEÑO DE UN “AFM” CON LEGO



[http://www.physics.unc.edu/~falvo/NUE/LEGO\\_AFM\\_WEBPAGES/web\\_files/nanoworld.html](http://www.physics.unc.edu/~falvo/NUE/LEGO_AFM_WEBPAGES/web_files/nanoworld.html)

# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM): BANCOS DE IMÁGENES / EXPOSICIONES

Concurso SPMAGE: <http://www.icmm.csic.es/spmage/>

CIENCIATK del CSIC: <http://www.cienciatk.csic.es/>



# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM):

## “MODELOS CASEROS”

COMPARACIONES SORPRENDENTES: Para poder representar una superficie y los fenómenos que en ella ocurren podemos emplear una huevera o estructura periódica similar. Los bombones o pelotas de ping-pong pueden representar átomos que se difunden por la superficie. Esto permite explicar conceptos como mínimo de energía, barrera de difusión, activación térmica...



# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM):

## “MODELOS CASEROS”

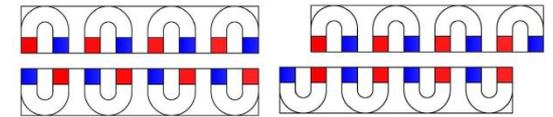
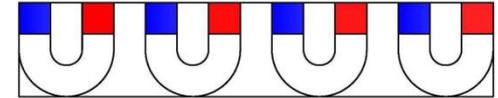
ANALOGÍA-EXPERIMENTACIÓN:

“Topografía” de fuerzas. “Rugosidad” en la fuerza experimentada a través de los imanes de una nevera.

COMPARACIONES SORPRENDENTES:

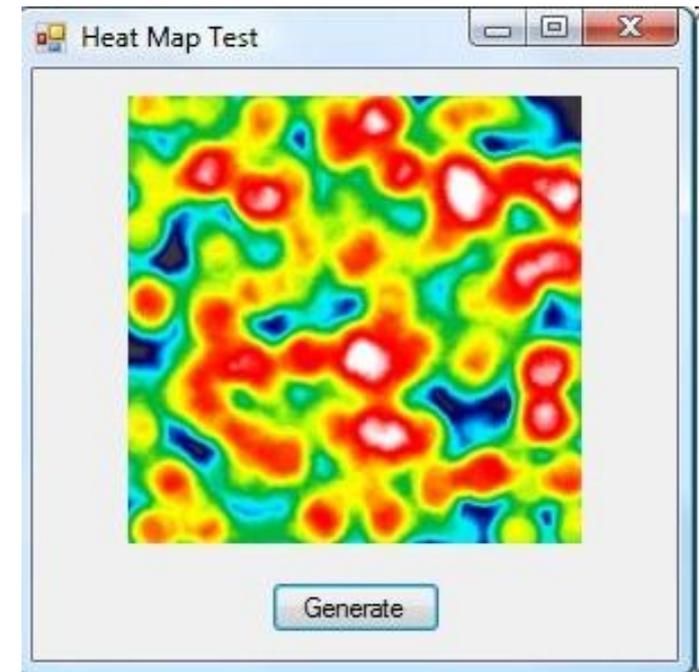
La imagen que se obtiene no corresponde a luz emitida o reflejada por la muestra. En realidad se trata de una imagen de falso color en el que los tonos indican niveles de fuerza, de corriente, etc. En clase podemos explicar que a nivel macroscópico podemos hacer un mapa de magnitudes muy diferentes con tal de que se puedan medir de manera más o menos precisa: precipitaciones, temperatura media, aspereza, intensidad sonora, etc.

Corte transversal de un imán de nevera



Posición estable

Posición inestable



# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM): ANALOGÍA CON LECTURA BRAILLE

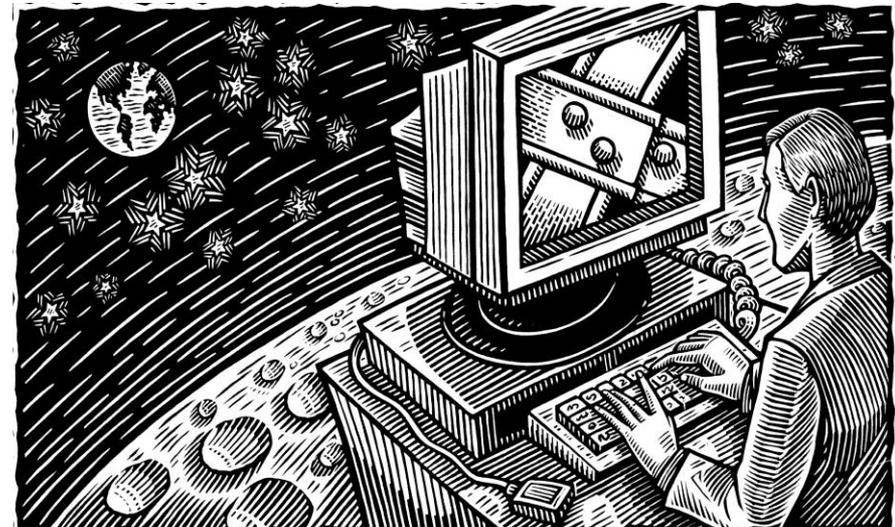
## ANALOGÍAS:

Herramientas SPM se asemejan a la lectura Braille que usan las personas invidentes.



## COMPARACIONES SORPRENDENTES:

El poder de resolución de una herramienta SPM capaz de observar átomos es análogo al de un telescopio que desde la Luna nos permitiese ver los tornillos de la Torre Eiffel.



# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM): MICROSCOPIO DE SONDA LOCAL (SPM):

**RET**

Research Experience for Teachers (RET) program  
How Can We "See" What We Can Not See?

## FUNDAMENTOS DE UN "AFM"



<http://mrsec.wisc.edu/Edetc/modules/MiddleSchool/SPM/index.html>

# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)

Una de las técnicas habituales de caracterización consiste en enviar una sonda (luz de diferentes frecuencias, electrones, neutrones, positrones) y observar que ocurre con dicha sonda (o nuevas entidades emergentes) tras interaccionar con el sistema que deseamos estudiar.

Para profundizar y acceder a materiales podemos acudir a páginas web, como las del Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA) del CSIC, en las que se explican como funcionan sondas de rayos X usadas en sincrotrones y espectrómetros de rayos X:

<http://www.unizar.es/icma/divulgacion/sincrotron.html>

<http://www.unizar.es/icma/divulgacion/difraccionrayos.htm>

En la página web del ICMM dedicada a divulgación,

<http://www.icmm.csic.es/divulgacion/posters/index.html>

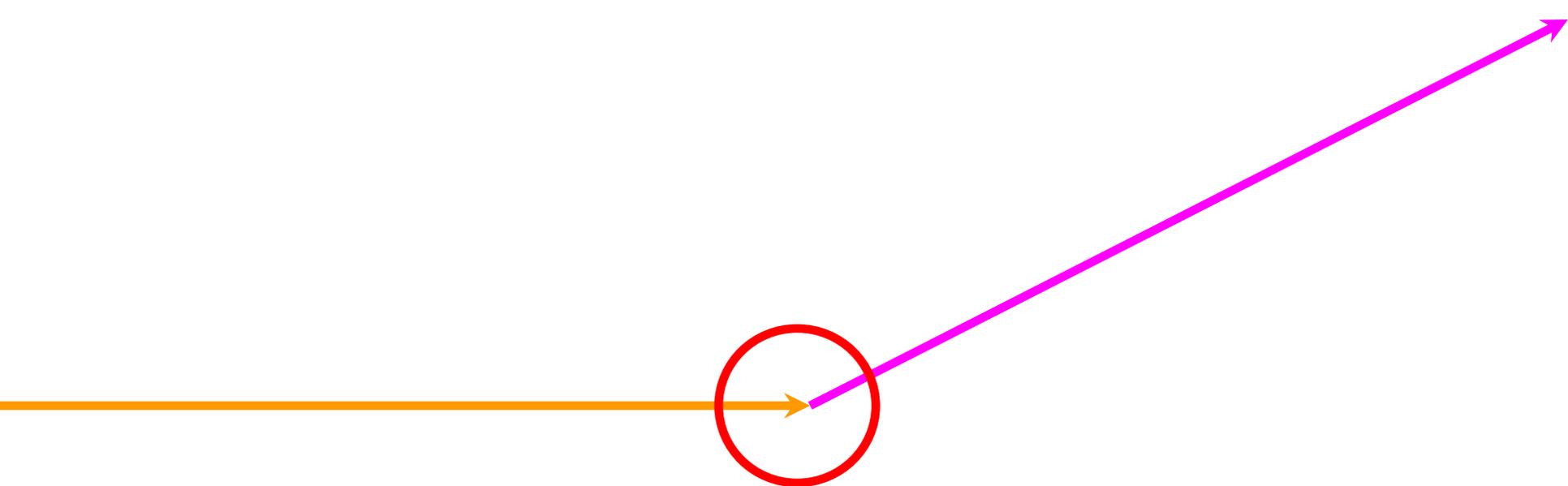
encontramos posters dedicados a espectroscopía Raman, Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM), espectroscopía Brillouin, etc...

# **CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)**

## **IR A LOS FUNDAMENTOS**

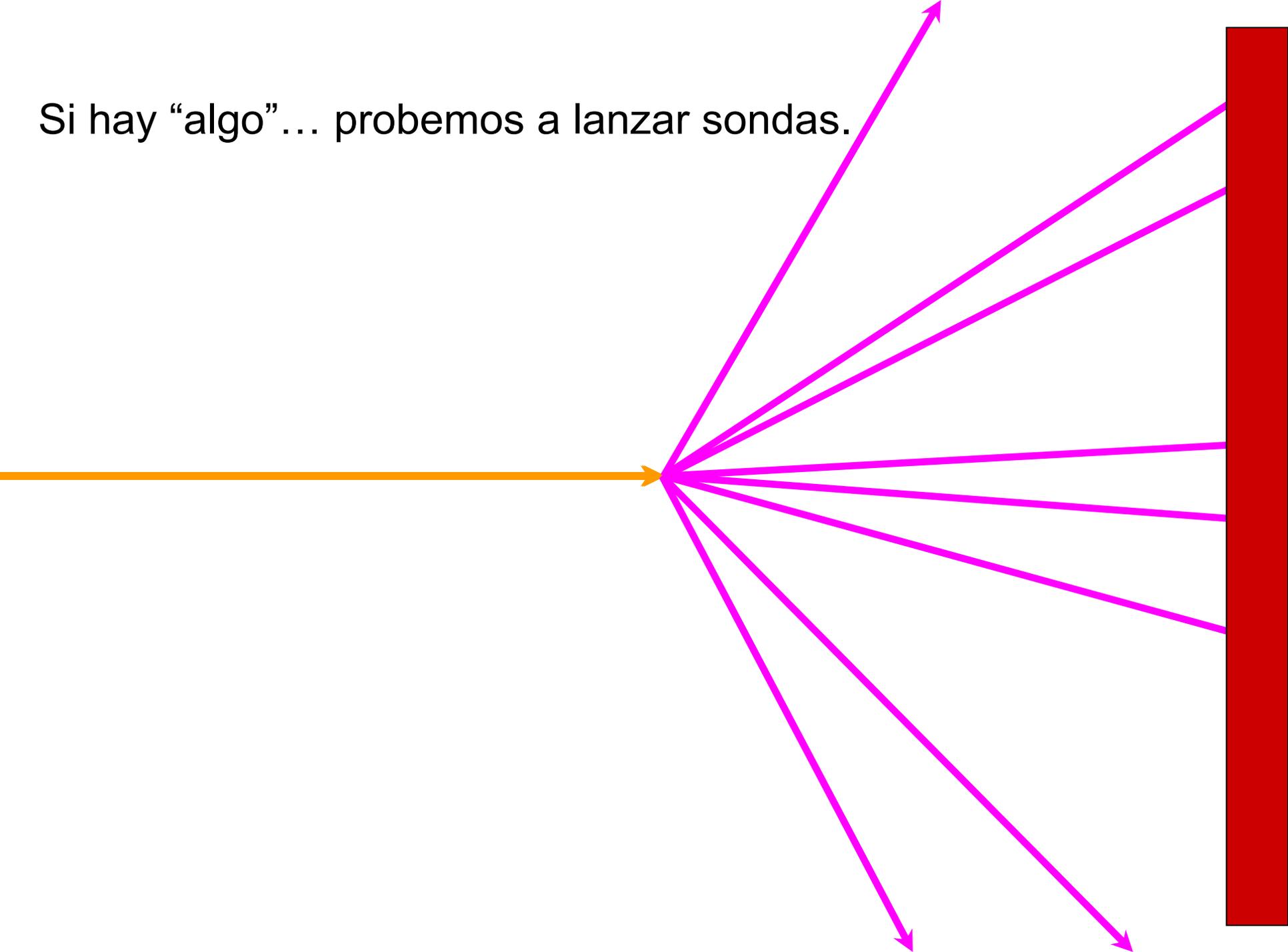


Aquí no hay nada que desvíe la sonda (un rayo X)



Aquí hay algo...

Si hay "algo"... probemos a lanzar sondas.



# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)

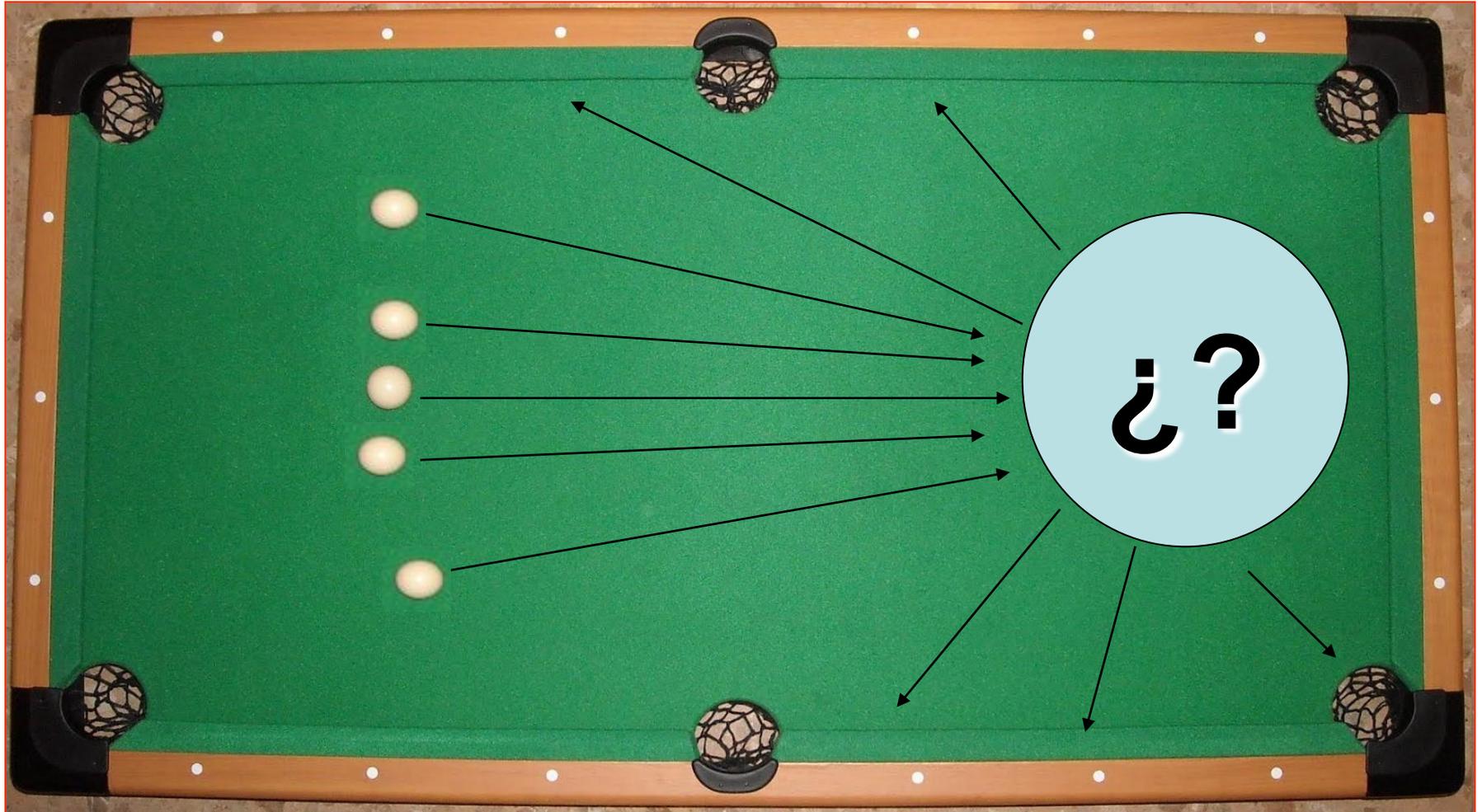
## UNA ANALOGÍA CON EL BILLAR

Imaginemos que jugamos al billar con una bola ligera (de ping-pong) que se lanza contra un grupo de bolas de billar que forman una estructura triangular que está en el centro de la mesa de billar, pero cubierta de manera que no se pueden ver. ¿Es posible saber la forma de la estructura a partir de las colisiones de cientos de pelotas ligeras que se lanzan desde todas las direcciones contra la estructura oculta? ¿Qué ocurre si usamos una bola de billar de verdad como sonda?



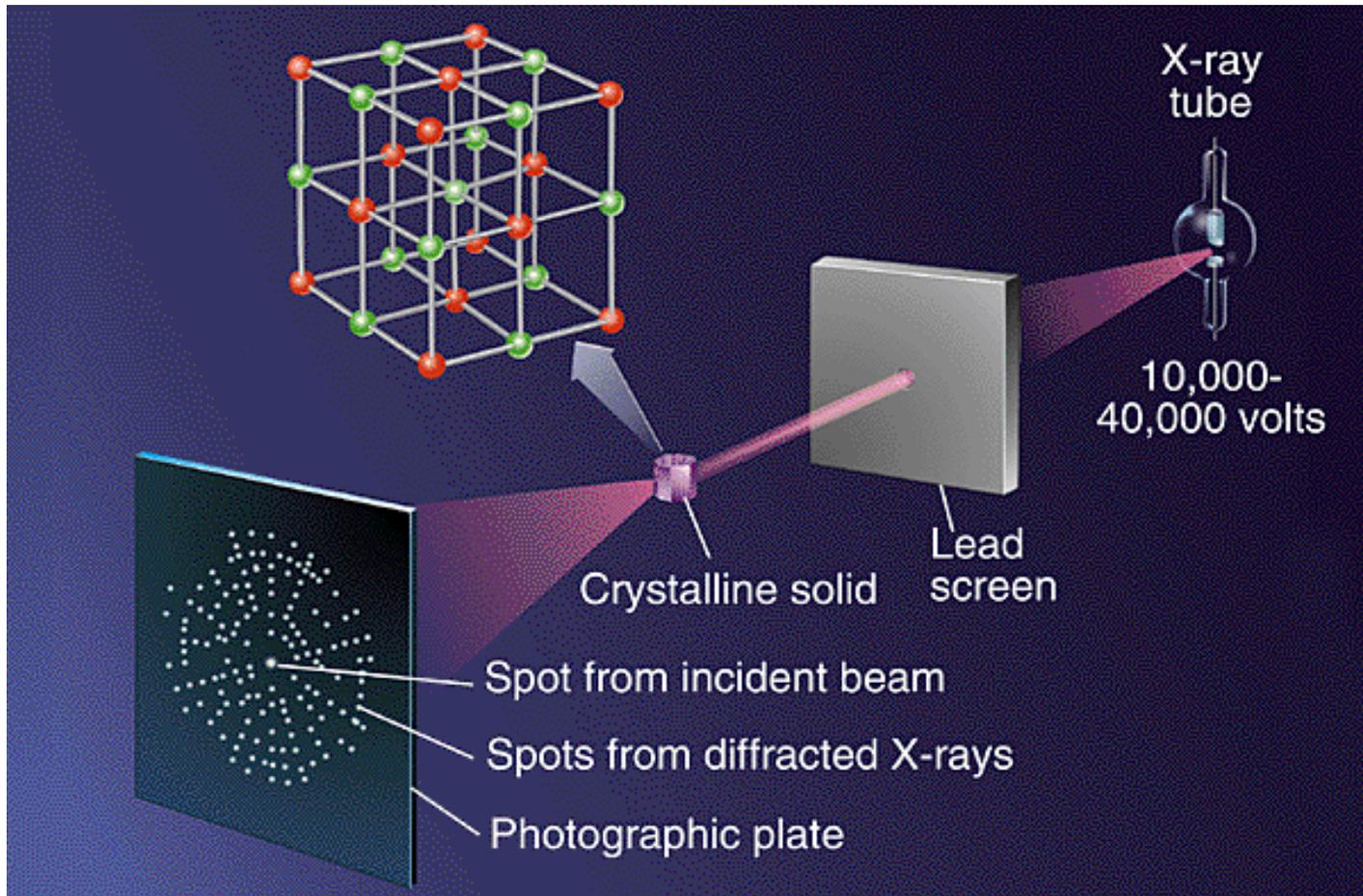
# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)

## UNA ANALOGÍA CON EL BILLAR



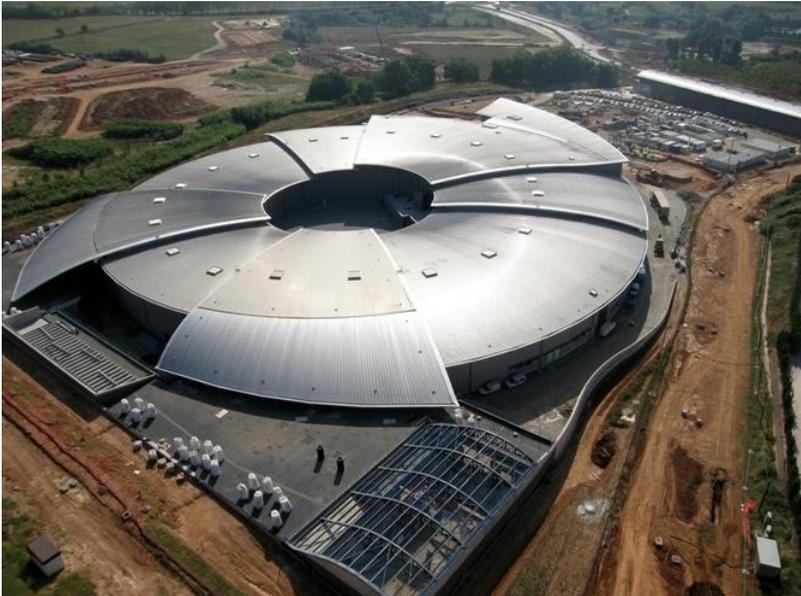
# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)

Si conocemos como se desvían todas las sondas, ahora debemos hacer el esfuerzo de encontrar la forma y configuración de la estructura que ha provocado dichas desviaciones...¡Esto es un problema bastante complejo!  
Este planteamiento es una introducción a los problemas inversos.



# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)

## EL TAMAÑO DE LOS SINCROTRONES...



ALBA – CELLS  
Cerdanyola del Valles



Estadio Vicente Calderón  
Madrid

***Más información en el artículo “La luz sincrotrón: una herramienta extraordinaria para la ciencia”, A. Gutiérrez, J. A. Martín-Gago, S. Ferrer. Apuntes de Ciencia y Tecnología (12), Septiembre 2004.***

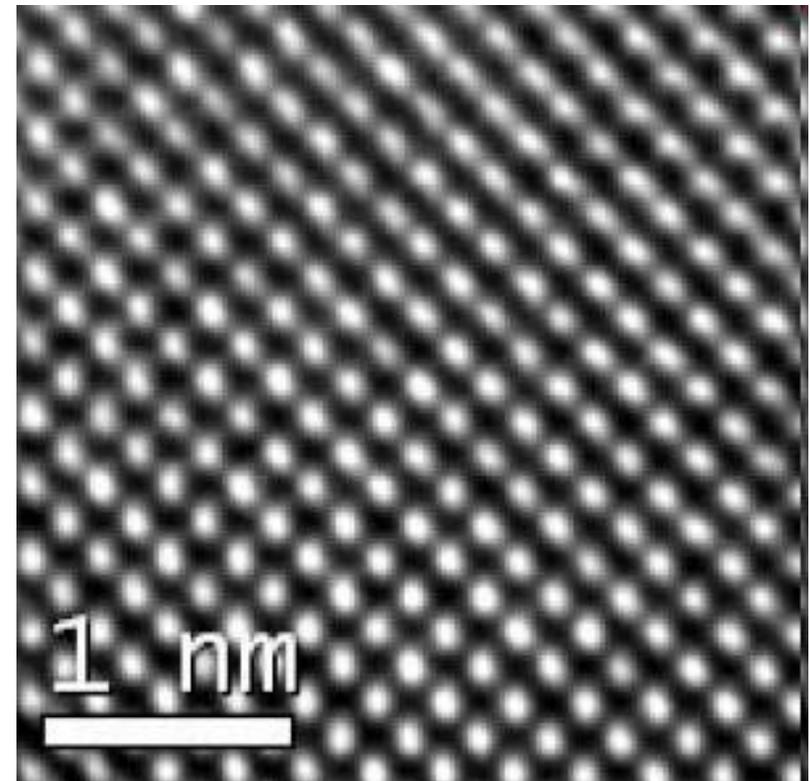
***[http://www.icmm.csic.es/wp-content/uploads/2009/02/reprint\\_sr\\_ale.pdf](http://www.icmm.csic.es/wp-content/uploads/2009/02/reprint_sr_ale.pdf)***

# CÓMO EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO DE SONDA NO LOCAL (TEM, RX, ...)

**TEM: CUANDO LAS SONDAS  
SON ELECTRONES...**



MICROSCOPIO TITAN-FEI



# PARA ACABAR... SIMULACIONES EN LA NANOESCALA

La web NANOHUB es una inmensa colección de herramientas computacionales de diferente nivel (desde programas de uso en escuelas a programas de uso exclusivo por investigadores).

<http://nanohub.org/>

Rebuscando entre los cientos de materiales se pueden encontrar interesantes juegos para estudiantes de ESO y Bachillerato como

<http://www.generation-nano.org/>

Existen multitud de Applets JAVA de Física y Química con los que explicar y asentar conceptos en una clase:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>

(Ángel Franco, UPV)

<http://www.walter-fendt.de/ph14s/>

(Walter Fendt)

## **ANEXO II**

# **RECURSOS PARA ABORDAR EL TEMA DE APLICACIONES, BENEFICIOS Y RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGÍA**

# APLICACIONES, BENEFICIOS Y RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGÍA

En este anexo se da información para abordar en el aula el tema de las Aplicaciones, Beneficios y Riesgos de la Nanotecnología. Dado que no se pueden abordar todos los temas, vamos a incidir en algunos ejemplos que pueden trasladarse al aula fácilmente:

- Nuevos materiales: Nueva arquitectura. Aligeramiento de vehículos. El ascensor espacial.
- ¿Cómo será un nanobot que luche contra el cáncer?
- Nanotecnología en mi entorno.
- Nanotecnología en el deporte.
- Nanotecnología: seguridad en el trabajo y para el consumidor.

# **NUEVOS MATERIALES.**

## **VEHICULOS LIGEROS. NUEVA ARQUITECTURA.**

### **EL ASCENSOR ESPACIAL.**

La nanotecnología nos permite crear nuevos materiales “a medida” con propiedades que se controlan a través de la composición, forma y tamaño de sus componentes. Se sabe que los nanotubos de carbono poseen excelentes prestaciones mecánicas que permiten su uso como material de refuerzo en aplicaciones estructurales. Los alumnos deben imaginarse en qué aplicaciones concretas podemos utilizar materiales que sean muy resistentes a deformación o fractura, y que a la vez sean ligeros, o tengan otra propiedad. Es importante que los estudiantes realicen esta reflexión por su cuenta. Es también importante que entiendan que la llegada de una tecnología está condicionada por muchos factores: mejora técnica, precio, percepción de los usuarios, etc. Al terminar un ciclo de reflexiones se pueden indicar aplicaciones reales de estos materiales.

# VEHÍCULOS MÁS LIGEROS Y RESISTENTES

En la actualidad muchas empresas incorporan nanotubos de carbono en materiales compuestos para aplicaciones mecánicas y estructurales. Un ejemplo lo tenemos en los parachoques de los vehículos Renault (Clio y Mégane) que utilizan nanotubos de carbono como refuerzo del composite PA/PPE (poliamida / éter de polifenileno).

Búsqueda-debate. ¿En qué aplicaciones estructurales se emplean? ¿Hay alguna empresa española que trabaje con nanotubos de carbono para este tipo de aplicaciones? Buscar datos sobre la actividad de empresas Grupo Antolín o Acciona Infraestructuras ¿en qué trabajan? ¿cómo usan la nanotecnología? ¿Dónde se fabrican actualmente nanotubos de carbono?



Usar la web <http://www.nanospain.org/members.php> para buscar empresas...

# NUEVA ARQUITECTURA

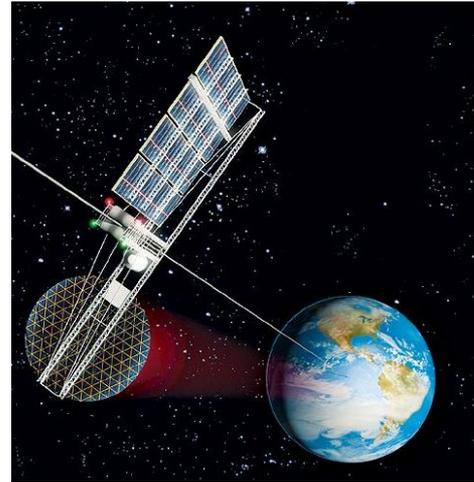
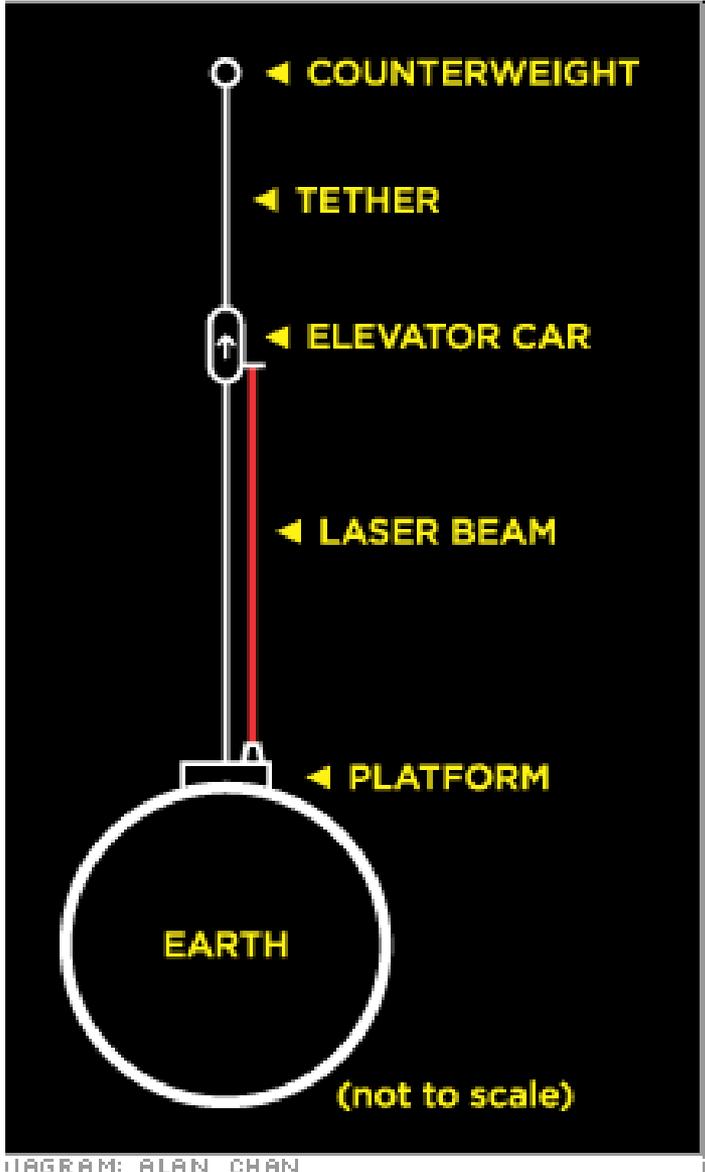
“Carbon Tower”, P. Testa y D. Weiser  
(Peter Testa Architects)



Búsqueda-Debate: Si se construyen materiales estructurales a partir de una mayor o menor proporción de nanotubos de carbono...¿cómo se va a ver afectada la arquitectura? ¿qué altura podrían alcanzar los rascacielos? ¿hay proyectos en marcha? ¿qué precio tiene un kg de nanotubos de carbono?

Las anteriores preguntas pueden servir de base para un proyecto de búsqueda, la elaboración de un informe, su exposición y un debate.

# EL ASCENSOR ESPACIAL.



Búsqueda-Debate: ¿Se puede conectar mediante un cable una estación espacial y la superficie terrestre? ¿Qué tipo de cable se necesita? ¿Qué inconvenientes hay en el uso del acero? ¿El tamaño y peso del cable? ¿La resistencia del cable? ¿Qué longitud y sección tendría? ¿Qué tipo de material hay que usar? ¿Cómo se subiría?

[http://en.wikipedia.org/wiki/Space\\_elevator](http://en.wikipedia.org/wiki/Space_elevator)



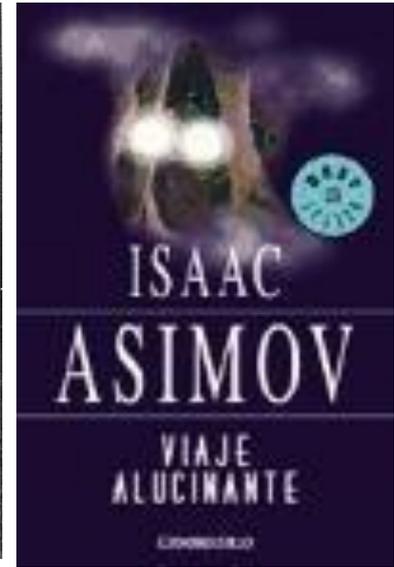
# ¿CÓMO SERÁN LOS NANOBOTS QUE LUCHEN CONTRA EL CÁNCER U OTRAS ENFERMEDADES?

El tema salud es siempre prioritario a la hora de buscar aplicaciones a todo tipo de conocimiento. La nanotecnología no es una excepción. Todo lo contrario, el funcionamiento de las células, el efecto de los fármacos, etc. tienen una base molecular, por lo que la nanotecnología tiene una estrecha relación con el tema bio-medicina.

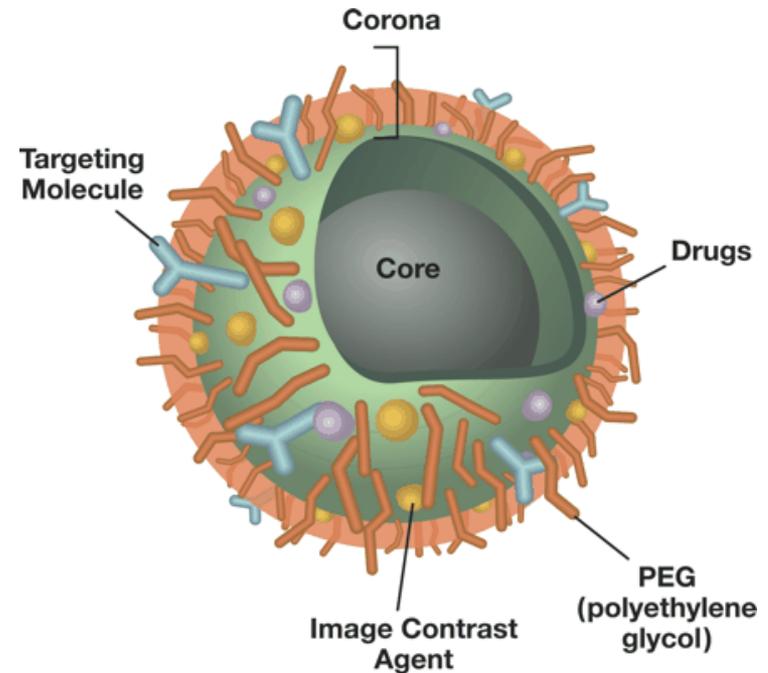
Un tema de impacto es el de los posibles nano-robots. En la medida de lo posible hay que tener los pies en el suelo y barajar para este tipo de dispositivos una visión realista, más cercana a la realidad de los laboratorios (que ya es bastante imaginativa). El modelo del “nano-submarino amarillo” seguramente no será el que se prospere, y los nano-robots serán estructuras cercanas a las nanopartículas funcionalizadas, o entidades biológicas modificadas para nuestro beneficio.

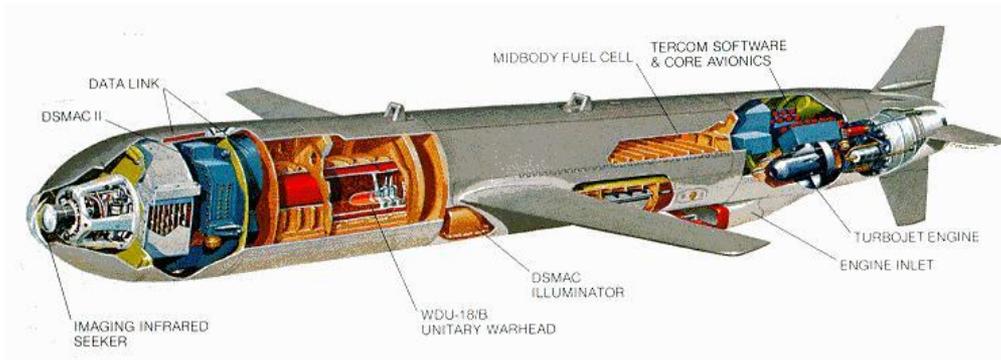
Recordemos la existencia de este cartel:

[http://nanoyou.eu/attachments/297\\_ES%20-%20Poster%203%20medicine.pdf](http://nanoyou.eu/attachments/297_ES%20-%20Poster%203%20medicine.pdf)

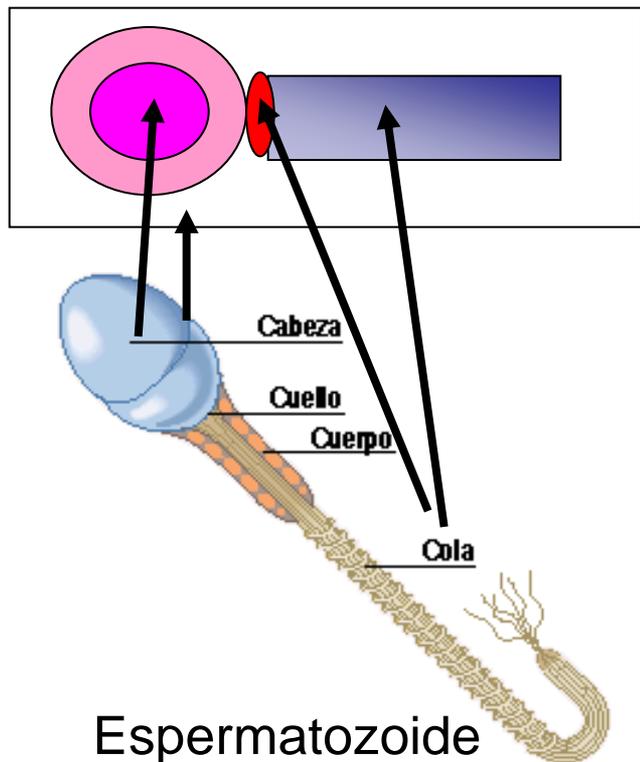


Debate. ¿Cómo te imaginas un nano-robot? ¿Cómo se fabricaría? ¿Crees que se están fabricando micro o nanosubmarinos como los que aparecen en la película “Viaje Alucinante”? Buscar en internet el uso de las nanopartículas funcionalizadas en medicina. ¿Cómo llega una nanopartícula a su objetivo? ¿Puede liberar fármacos?



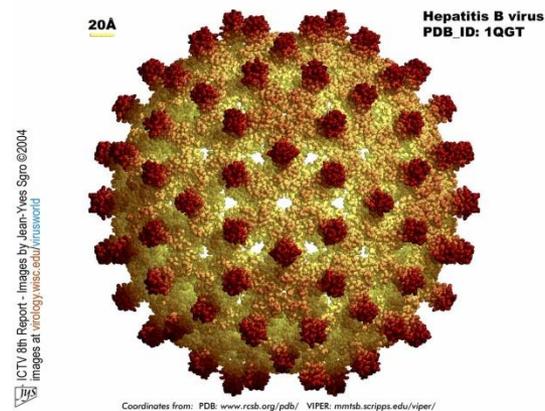


Esquema de misil "Tomahawk"



Espermatozoide

Analogía-Debate. ¿Cómo funciona un misil teledirigido?  
 ¿Cómo funciona un espermatozoide o un virus?  
 ¿Hay analogías? ¿Se puede plantear un sistema biológico similar a un misil?



Virus

# NANOTECNOLOGÍA EN MI ENTORNO

Las personas vivimos rodeados de decenas de productos que contienen algunas partes fabricadas a partir de métodos propios de la nanotecnología. Una forma de acercar esta rama científico-técnica al público en general y a los estudiantes es mediante la detección de estos elementos del entorno que contienen “nanoelementos”. Vamos a elegir los siguientes elementos para realizar discusiones o debates:

- Nanotecnología en mi PC portátil o en mi móvil
- Nanotecnología en la ropa.
- Nanotecnología en un pintalabios o en una crema protectora

Como recurso didáctico es interesante que los alumnos naveguen por los centenares de productos registrados en el repositorio PEN (Project on Emerging Nanotechnologies, <http://www.nanotechproject.org/inventories/>). También puede acceder a la web NanoSupermarket (<http://nanosupermarket.org>).

De esta manera pueden detectar muchas aplicaciones de la nanotecnología que les resultarán insospechadas.

# NANOTECNOLOGÍA EN MI TELEFONO O MI PC



Secuencia lógica: Como ejemplo se puede partir de la forma en la que nuestros abuelos, padres y nosotros escuchamos música cuando éramos jóvenes, observando la evolución en 50 años desde los discos de vinilo al reproductor MP3.

## Cálculo-Debate.

Los alumnos deben calcular la superficie ocupada por un bit en un CD, en un DVD, en un pendrive. Este estudio se puede extender a la evolución de los procesadores en los últimos 10-20 años. ¿Dónde está el límite para la reducción de tamaño de bits y transistores?

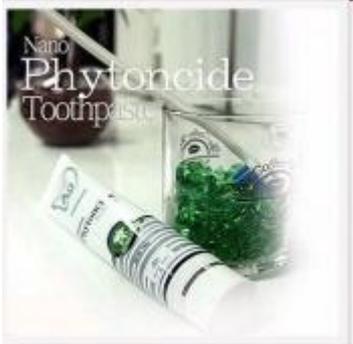
# NANOTECNOLOGÍA EN MI TELEFONO O MI PC



Debate. Es importante darse cuenta de todas las funciones que empiezan a converger en un teléfono móvil actual. De hecho la función teléfono empieza a ser secundaria. ¿Cuántas funciones tiene un teléfono móvil? ¿Qué tecnologías implican? Por ejemplo, la tecnología GPS implica la existencia de satélites. ¿Cómo es posible que cada vez tengamos más funciones en el mismo espacio?

Debate. ¿Qué ocurriría si un teléfono tuviese la capacidad adicional de hacer análisis de diferentes parámetros biomedicos con solo tocarlo? Imaginemos que detecta el alcohol y notifica de eso a nuestros familiares. ¿Qué nos parece? Esto enlaza con el tema del derecho a la intimidad.

# NANOTECNOLOGÍA EN LA COSMÉTICA



Búsqueda. Detectar productos como cremas, champú, protectores solares, pintalabios, etc. que contengan nanopartículas, nanoesferas, etc, de diferentes sustancias. ¿Qué papel juegan? ¿Liberan sustancias? ¿Bloquean la luz UV? ¿Producen brillos? ¿Tú utilizas alguno?

¿Se sabe si estos productos son inocuos? Este tema puede servir para provocar un debate sobre las nuevas tecnologías, los riesgos, la falta de información, el etiquetado, la normativa, etc. El profesor puede ir dando respuesta a partir de los conocimientos alcanzado en este curso.

# NANOTECNOLOGÍA PARA VESTIRSE...



Secuencia lógica: Como ejemplo se puede acudir a la flor de loto, como fuente de bioinspiración para elaborar textiles con nanopartículas de carácter hidrofóbico. Estos textiles se usan en pantalones, gabardinas, paraguas, sustancias impermeabilizantes, etc. En otros casos las nanopartículas evitan la aparición de hongos o bacterias, e incluso pueden liberar fármacos.

## Propuestas-Debate.

Es importante que los alumnos hagan propuestas de aplicaciones de diferentes tejidos.

# NANOTECNOLOGÍA Y DEPORTES

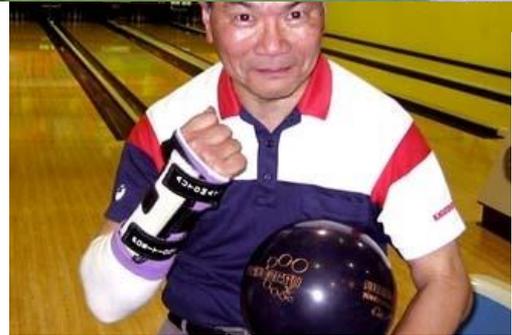
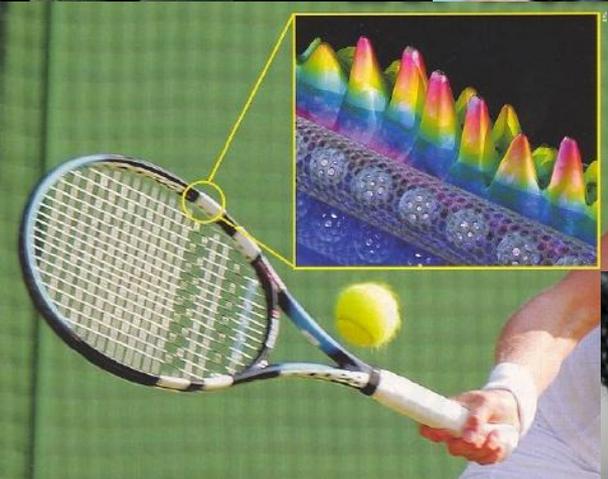
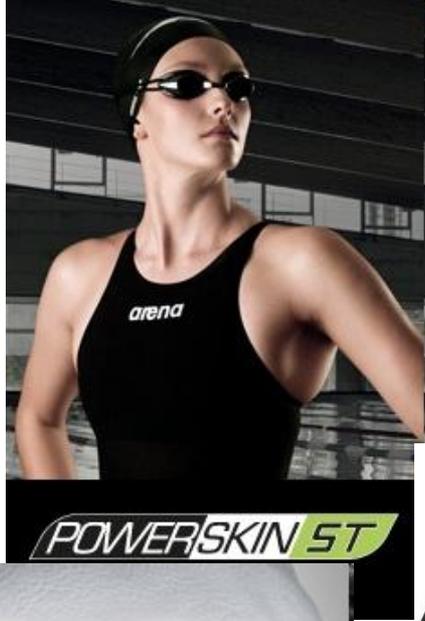
La población en general y los alumnos de secundaria en particular tienen una estrecha relación con el deporte, tanto como practicantes como seguidores de un club, un tenista o de un atleta. Esta familiaridad sirve para acercar algunos desarrollos que la nanotecnología ha realizado en materiales deportivos fundamentalmente.

Además de la parte positiva, es posible mencionar que la liberación controlada de fármacos, tal y como se propone desde la nanotecnología puede ser empleada para liberar de manera controlada e imperceptible sustancias dopantes. De nuevo aparece el uso dual de la nanotecnología para encauzar un debate.

Esta presentación realizada por alumnos que participaron en la edición 2010 del programa Investiga IDI de la Fundación San Patricio / CSIC puede ser interesante para los alumnos:

<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/nuevosmaterialesparaeldeporte.ppt>

ODOR ELIMINATING BOOT SOCKS



"Golf Shafts to Fit Every Swing"™



Introducing the first golf ball with DMX™ technology.

The moment your club makes contact you'll know... the last ball you'll ever need.



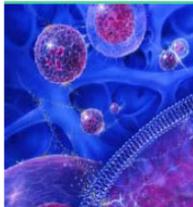
# **NANOTECNOLOGIA: SEGURIDAD EN EL TRABAJO Y PARA EL CONSUMIDOR**

Es muy importante incluir temas relacionados con la seguridad laboral y la prevención de riesgos laborales en las aulas. Estos temas serán una constante a lo largo de la vida profesional de una persona. La nanotecnología sirve de excusa para abordar este tipo de temas.

Debate. Se puede plantear un debate en torno a la posible toxicidad de ciertas nanopartículas. ¿Cómo se plantea el tema de seguridad en una empresa donde se fabrican nanopartículas? ¿Puede haber emisiones al medioambiente? ¿Cómo se evitan o se controlan estos riesgos? ¿Qué tipo de riesgos tiene el usuario final? ¿Debe informarse de éstos en la etiqueta del producto? ¿Qué ocurre con el producto una vez que se lleva a un vertedero? ¿Una nanopartícula es biodegradable?

# EXPOSICIÓN LABORAL A NANOPARTÍCULAS

Este documento muestra las recomendaciones que se manejan en el CSIC en cuanto a la exposición laboral a las nanopartículas. A partir de su lectura se puede establecer un debate en el que se toquen temas como los anteriormente planteados. El profesor puede guiar el debate, y responder a preguntas, a partir de los contenidos de este curso.

MEDIDAS PREVENTIVAS	VIGILANCIA DE LA SALUD
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Sustitución:</b> no será factible en la mayoría de los casos, pero sí puede considerarse reducir la posibilidad de exposición, por ejemplo ligando los nanomateriales a un soporte sólido o líquido.</li><li>✓ <b>Aislamiento/confinamiento:</b> todas las operaciones deberían realizarse en instalaciones confinadas o en las que los trabajadores estén aislados del material. Ejemplo: mediante el uso de cabinas</li><li>✓ <b>Ventilación por extracción localizada:</b> dadas las características de las nanopartículas, los sistemas existentes de captación de partículas deberán ser capaces de captarlas con más facilidad que partículas de mayor tamaño ya que al disminuir la inercia es más fácil que sean captadas por la corriente de aire de la extracción.</li><li>✓ <b>Equipos de protección:</b> una <i>máscara autofiltrante</i> FFP3, garantizando el ajuste de la máscara. Uso de <i>guantes</i> de nitrilo, preferiblemente dos pares. Se recomienda que la <i>ropa de trabajo</i> no sea de algodón, lo más adecuado sería ropa de trabajo que incluyera capucha, batas de laboratorio, monos cubrezapatos, etc. de Tyvek®</li></ul>	<p>Las nanopartículas tienen propiedades y efectos muy diferentes a los de los mismos materiales en tamaños convencionales; lo que puede plantear riesgos desconocidos para la salud del hombre y otras especies. De hecho, es posible que los mecanismos de defensa del hombre no consigan reaccionar adecuadamente ante la presencia de dichas partículas.</p> <p>Actualmente, no se dispone de datos toxicológicos suficientes sobre los efectos producidos en trabajadores expuestos.</p> <p>La Unidad de Vigilancia de la Salud del CSIC está elaborando un protocolo médico de Vigilancia de la Salud específica para trabajadores potencialmente expuestos a nanopartículas.</p>   
	<p><b>Unidad de Vigilancia de la Salud:</b> 915681931/32/33 <a href="mailto:v.salud@orgc.csic.es">v.salud@orgc.csic.es</a></p> <p><b>PARA MÁS INFORMACIÓN...</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ <a href="http://www.nanosafe.es">www.nanosafe.es</a></li><li>✓ <a href="http://www.nanospain.org">www.nanospain.org</a></li><li>✓ NTP 797</li></ul> <p><b>Elaborado por:</b> Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid Consejo Superior de Investigaciones Científicas C/ Serrano 113 posterior, 28006 Madrid Teléfonos: 915 680 004 / 005 <a href="mailto:spsl.madrid@csic.es">spsl.madrid@csic.es</a></p> <p>Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid</p>

Link en: <http://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/Info/nanoparticulas.pdf>

Más info [http://www.larioja.org/upload/documents/557016\\_NANOPARTICULAS.pdf](http://www.larioja.org/upload/documents/557016_NANOPARTICULAS.pdf)