



# Hay futuro para lo pequeño. Aportaciones de la Química a la Nanociencia

II Curso de divulgación  
*Los avances de la Química y su impacto en la  
sociedad*

**Nazario Martín**  
Departamento de Química Orgánica. Facultad de  
Química, UCM  
IMDEA-Nanociencia, Cantoblanco, Madrid



Año Internacional de la  
**QUÍMICA**  
2011



**Marie Curie** en 1906 aceptó la cátedra de Física de la Sorbona. Era la primera vez que una mujer impartía una clase en la universidad.



EMISIÓN: AÑO INTERNACIONAL DE LA QUÍMICA

REVERSO:

MOTIVO: Marie Curie, probetas y logotipo

VALOR FACIAL: 10 Euro

MÉTRICA: 40 mm

METAL: Plata

BOCETO: ..... 12

MODIFICACIÓN: .....

COPIA: .....

FECHA: ..... 22-11-2010



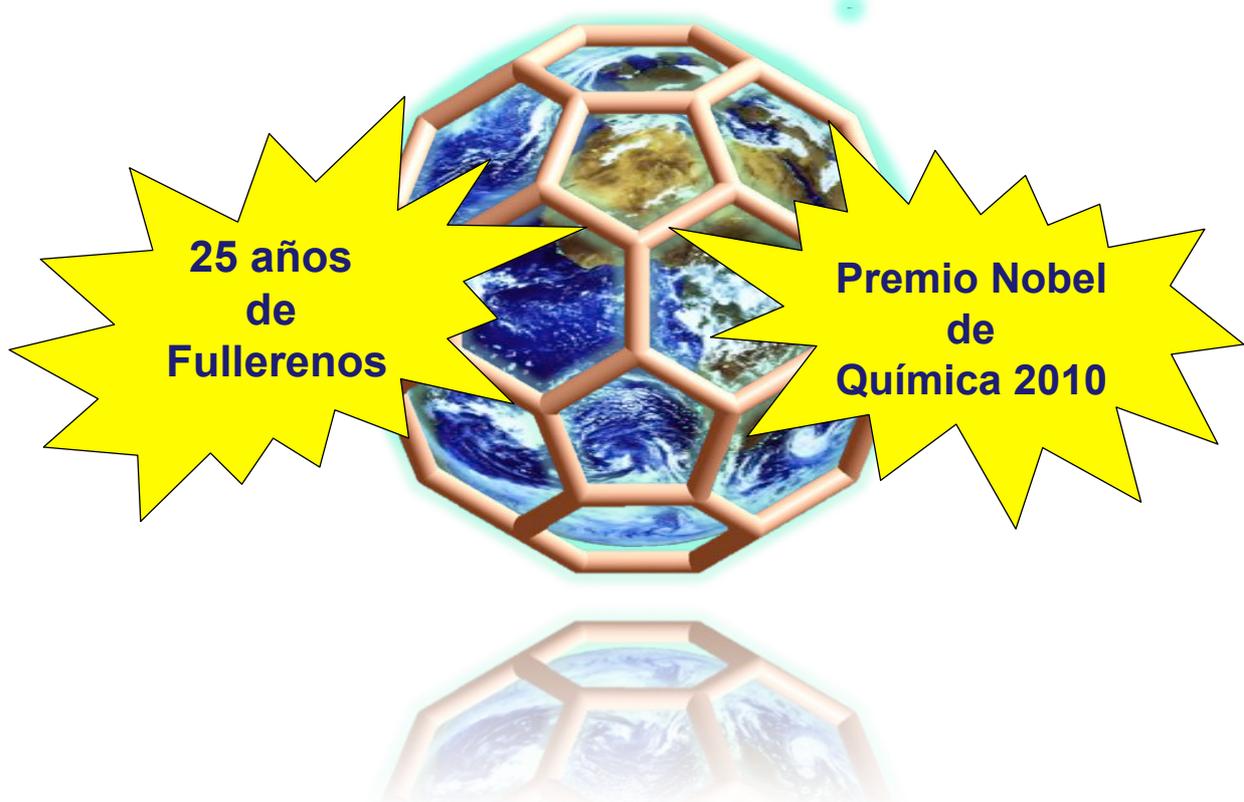
### *Acta de la sesión celebrada el día 25 de Abril de 1931*

Fué abierta a las 19 h., ocupando el estrado con el Presidente de la Sociedad, Mme. Curie, en cuyo honor se celebra, con los Secretarios Sres. Palacios y Rodríguez Mourelo, llenando los escaños numerosa y escogida concurrencia.

Saludada que hubo sido, con la reverencia y debido acatamiento que a la insigne y genial investigadora son debidos, dijo el Presidente, Sr. Moles, cómo la Junta Directiva de la Sociedad Española de Física y Química, en vista de la presencia actual de la gran Profesora de la Sorbona de París en Madrid, había tomado el acuerdo que fuese ofrecido a la distinguida señora, honrándose sobremedida con su aceptación el título de «Socio de Honor» de nuestra Sociedad, y acordado así por aclamación, entre nutridísimos aplausos, el Presidente señor Moles entregó el correspondiente diploma a Mme. Curie, quien sencilla y brevemente dió las gracias por el honor recibido y las manifestaciones de simpatía que se le tributaban.



## Hay futuro para lo pequeño. Aportaciones de la Química a la Nanociencia





# PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2010



Heck



Negishi



Suzuki

**Richard F. Heck** (1931, Profesor Emérito de la Universidad de Delaware), **Ei-ichi Negishi** (1935, Universidad de Purdue) y **Akira Suzuki** (1930, Profesor Emérito de la Universidad de Hokkaido). La concesión del premio se ha hecho por su contribución al desarrollo de métodos sintéticos catalizados por complejos de paladio, que han permitido la preparación de miles de compuestos orgánicos de estructuras variadas, útiles en todas las áreas en las que influye la Química: salud, alimentación, agricultura, tecnología, materiales, energía, etc...



# PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2010

El País, miércoles 13 de octubre de 2010  
sociedad  
Los científicos explican los Nobel

## Ladrillos moleculares

Los enlaces entre átomos de carbono son ya imprescindibles en la síntesis química moderna

Los científicos explican los Nobel

## Los científicos explican los Nobel

El País, miércoles 13 de octubre de 2010  
sociedad  
Los científicos explican los Nobel

## Un 'experimento del viernes'

El grafeno, un material prometedor

Los científicos explican los Nobel

## La lucha contra la infertilidad

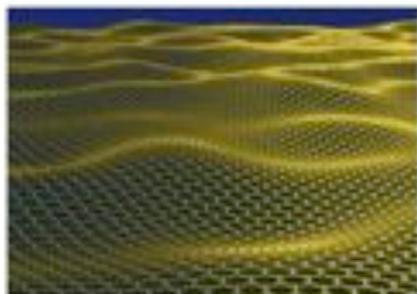
La fecundación in vitro ha permitido más de cuatro millones de nacimientos

Los científicos explican los Nobel



## Graphene – the perfect atomic lattice

Graphene is a form of carbon. As a material it is completely new – not only the thinnest ever but also the strongest. As a conductor of electricity it performs as well as copper. As a conductor of heat it outperforms all other known materials. It is almost completely transparent, yet so dense that not even helium, the smallest gas atoms, can pass through it.



Geim



Novoselov

## PREMIO NOBEL FÍSICA 2010



Dirk M. Guldi



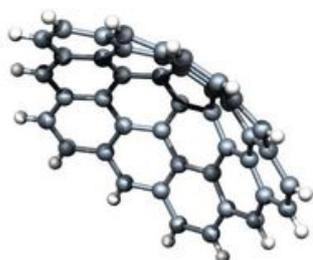
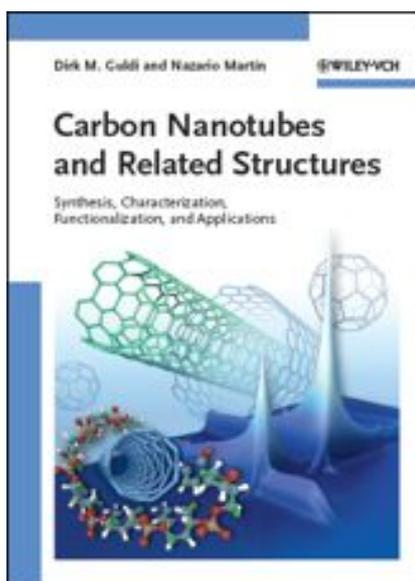
Nazario Martin



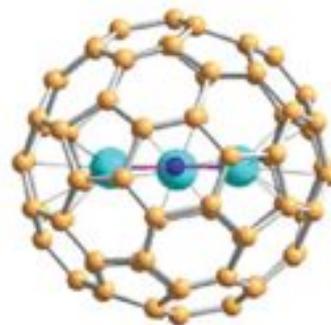
Maurizio Prato

Journal of  
Materials Chemistry

Theme issue: Carbon Nanostructures *J. Mater. Chem.* 2008, 18, 1415-1592



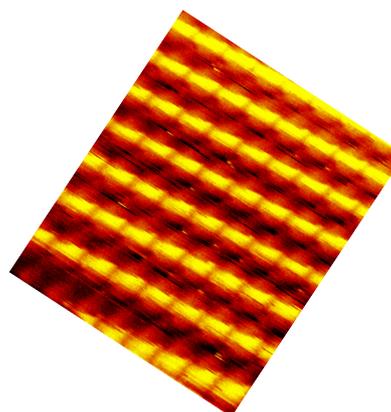
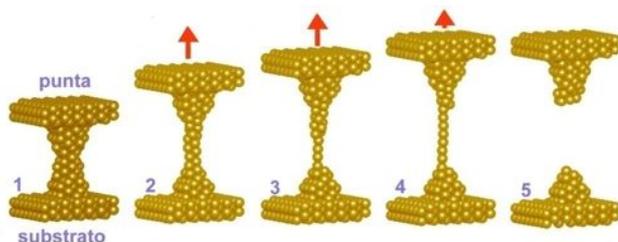
D.M. Guldi, N. Martín, eds.  
(2010)



## Contenido:



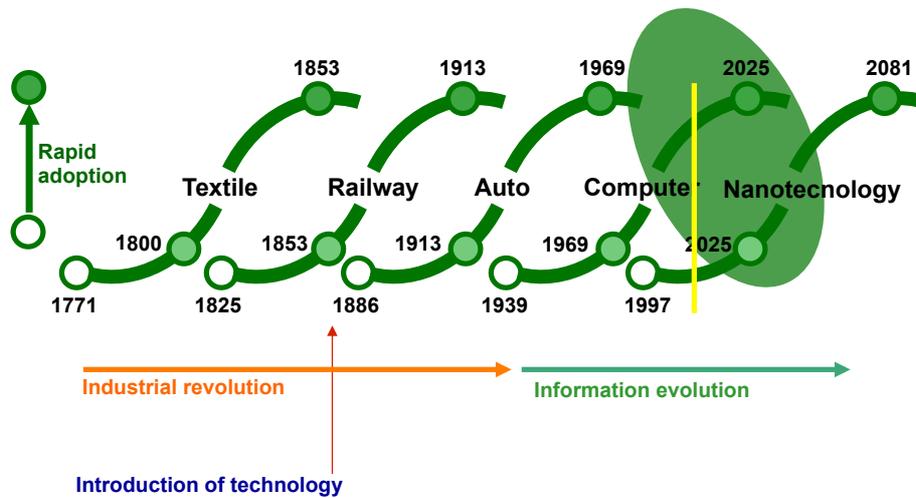
- Introducción a la Nanociencia.
- Posibles aplicaciones de la nanociencia
- Manipulando y ordenando moléculas sobre superficies sólidas
- ¿Aplicaciones fotovoltaicas?





# Long Waves of Innovation

Major conceptual advances that spur new industries occur about twice a century and lead to massive wealth creation



Today we are at the intersection of three major innovation advances: One nearing its end, one that will continue another 10-20 years, and one that is just starting. These innovation waves spur enormous investments and radically alter the economics of affected industries. As with the computer wave, the current one, "distributed intelligence" is affecting virtually all industries.



**K. Eric Drexler, PhD**

La nanociencia está unida desde la década de los 80 con Drexler y sus aportaciones a la "nanotecnología molecular", esto es, la construcción de nanomáquinas hechas de átomos y capaces de construir ellas mismas otros componentes moleculares.

Is a researcher, author, and policy advocate focused on emerging technologies and their consequences for the future. He pioneered studies of productive nanosystems and their products (nanotechnology). He has authored numerous technical publications on this topic as well as books including "Engines of creation: the coming era of nanotechnology" which first introduced the basic concepts to a general audience.

He was Chief Technical Advisor of Nanorex, a company developing software for the design and simulation of molecular machine systems. He is presently the president of the Foresight Institute. In 1991 he received a doctoral degree in the field of molecular nanotechnology from MIT, the first degree of this kind.



**Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology**  
Anchor Books, New York, 1986



# CRONOLOGÍA DE LA NANOCIENCIA



## Acontecimiento

<b>Los años 40</b>	Von Neuman estudia la posibilidad de crear sistemas que se auto-reproducen como una forma de reducir costes.
<b>1959</b>	Richard Feynmann habla por primera vez en una conferencia sobre el futuro de la investigación científica: "A mi modo de ver, los principios de la Física no se pronuncian en contra de la posibilidad de maniobrar las cosas átomo a átomo".  Se realiza la película "Viaje alucinante" que cuenta la travesía de unos científicos a través del cuerpo humano. Los científicos reducen su tamaño al de una partícula y se introducen en el interior del cuerpo de un investigador para destrozarse el tumor que le está matando. Por primera vez en la historia, se considera esto como una verdadera posibilidad científica. La película es un gran éxito.
<b>1966</b>	Se descubren los buckminsterfullerenos
<b>1985</b>	Se realiza la película "Cariño he encogido a los niños", una película que cuenta la historia de un científico que inventa una máquina que puede reducir el tamaño de las cosas utilizando láser.
<b>1989</b>	Sir Harry Kroto, R. Curl y R. Smalley ganan el Premio Nobel de Química por el descubrimiento de los fullerenos
<b>1996</b>	Se fabrica la guitarra más pequeña del mundo. Tiene el tamaño de un glóbulo rojo.
<b>1997</b>	Se logra convertir un nanotubo de carbono en un nanolapiz que se puede utilizar para escribir.
<b>1998</b>	James Gimzewski entra en el libro de récords Guinness por haber inventado la calculadora más pequeña del mundo.
<b>2001</b>	



## Acontecimientos relevantes en el desarrollo de la Nanotecnología

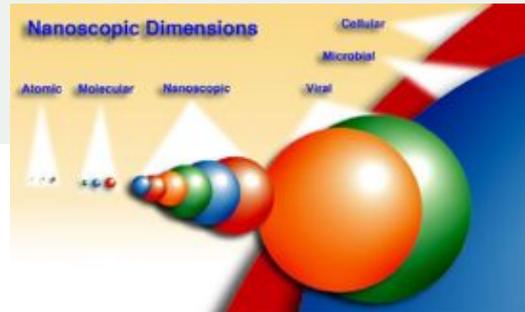
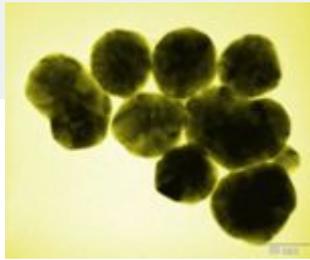


Año	Acontecimiento
1905	Albert Einstein publica un artículo en el que calcula el diámetro de una molécula de azúcar en aproximadamente un nanómetro.
1959	Richard Feynman da su famosa conferencia sobre miniaturización: "There is plenty of room at the bottom"
1968	Alfred Y. Cho y John Arthur de los Laboratorios Bell y sus colegas inventan la epitaxia molecular (molecular-beam epitaxy), una técnica que posibilita depositar un solo nivel atómico (atomic layers) en una superficie.
1974	Norio Taniguchi concibe la palabra "nanotecnología" refiriéndose al trabajo con materiales de menos de un micrón.
1981	El verdadero nacimiento de la Nanociencia y la Nanotecnología se produce con la invención del microscopio de efecto túnel por Binnig y Rohrer.
1985	Robert F. Curl Jr., Harold W. Kroto y Richard E. Smalley descubren la "buckminsterfullerenos", también conocidos como "buckyballs" de alrededor de un nanómetro de diámetro.
1991	Sumio Iijima de NEC en Tsukuba, Japón, descubre los nanotubos de carbono.
1998	El grupo de trabajo de Cees Dekker de la Universidad Delft de Tecnología en los Países Bajos crea un transistor a partir de un nanotubo de carbono.
1999	James M. Tour, ahora de la Universidad Rice, y Mark A. Reed de la Universidad de Yale demostraron que las moléculas individuales pueden actuar como interruptores moleculares (molecular switches).
2000	La administración de Clinton anuncia la Iniciativa Nacional en Nanotecnología, la cual, además de financiar ese campo de la investigación en EUA, también da un gran impulso a las expectativas que ésta genera. Los laboratorios Luncnet y Bell, en alianza con la Universidad de Oxford, crean el primer nanomotor de ADN.
2002	IBM logra desarrollar un dispositivo de almacenamiento de información con capacidad de 1 billón de bits por pulgada cuadrada o lo que sería un disco duro de unos 100 gigas. Para agosto, esa misma multinacional informa que desarrolló un microscopio electrónico con capacidad para observar el radio de un solo átomo de hidrógeno.

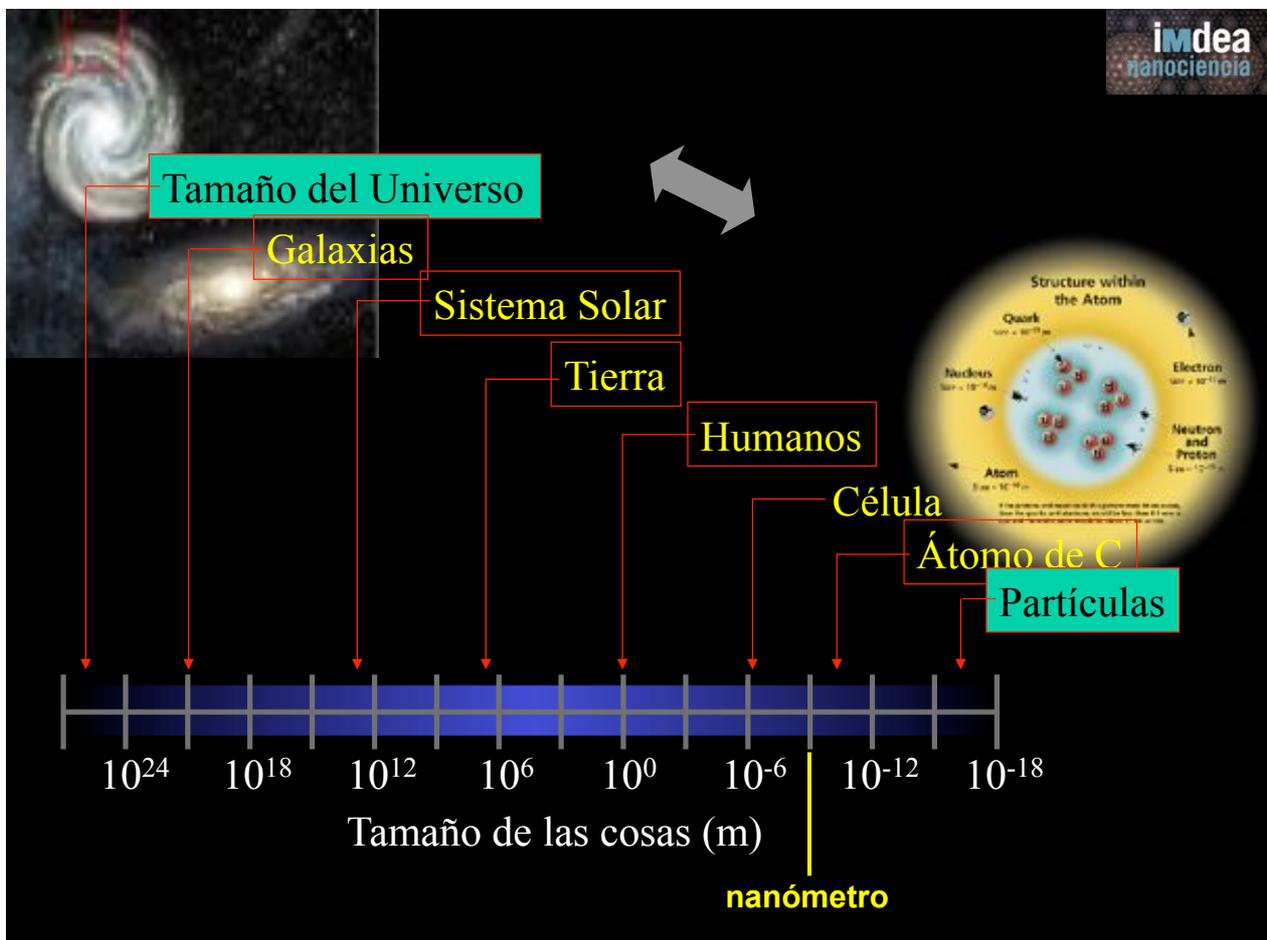


## Efectos de tamaño cuántico y su importancia para la reactividad y estabilidad de nanoestructuras

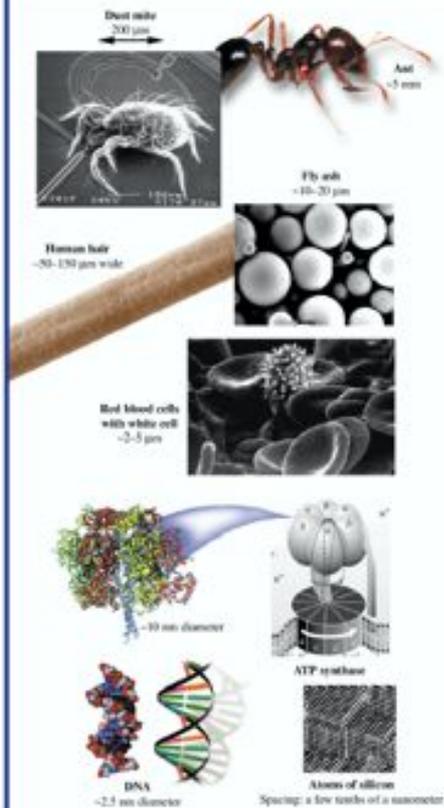
En la base misma de la nanociencia está el concepto de que la materia muestra nuevas propiedades si reducimos su tamaño, por debajo de una cierta longitud crítica. Detrás de este concepto está el hecho de que el confinamiento electrónico produce la aparición de un conjunto nuevo de estados cuánticos discretos, llamados **Estados de Pozo Cuántico**, cuya ocupación secuencial por los electrones resulta en que muchas propiedades físicas oscilen con el tamaño del objeto. Esto es lo que se conoce como Efectos de Tamaño Cuántico: Aquí se describen efectos de este tipo en lo que refiere a la reactividad química y a la estabilidad de nanoestructuras.



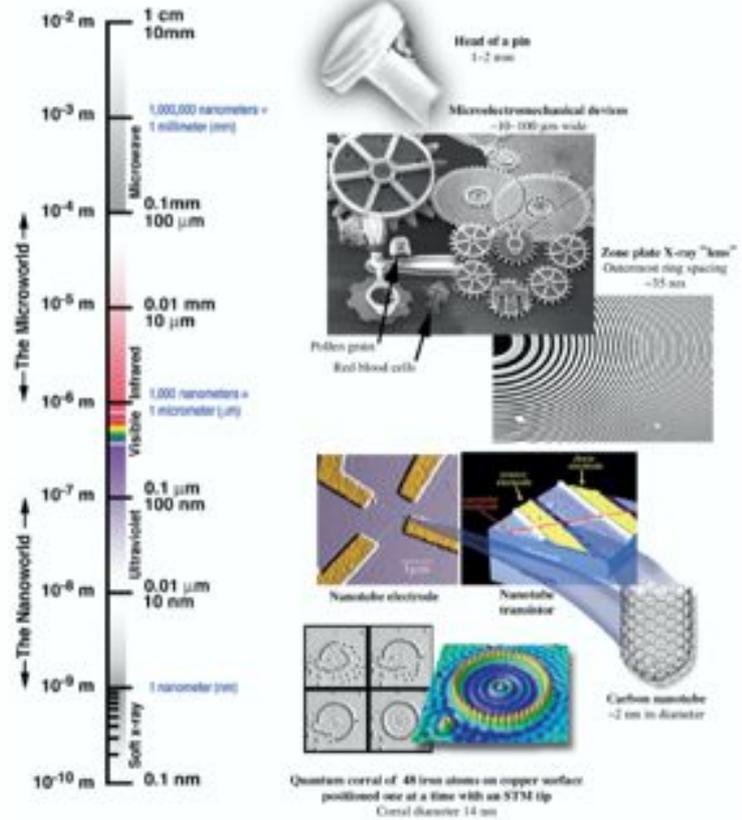
Nos interesa, más que su concepto, lo que representa potencialmente dentro del conjunto de investigaciones y aplicaciones actuales cuyo propósito es crear nuevas estructuras y productos que tendrían un gran impacto en la industria, la medicina, etc..



# things Natural



# things Manmade



## HERRAMIENTAS DE LA NANOTECNOLOGIA

### Método de arriba hacia abajo (top-down)

crear nanoobjetos a partir de macroobjetos  
(Fotolitografía, nanolitografía, ...)

### Método de abajo hacia arriba (bottom-up)

- Manipulación de átomos y moléculas (microscopio de efecto túnel)
- Autoensamblado químico de átomos y moléculas



## Aproximación de arriba-abajo (top-down)



Ciudad de Petra, 312 aC  
Capital de los Nabateos



## Aproximación de arriba-abajo





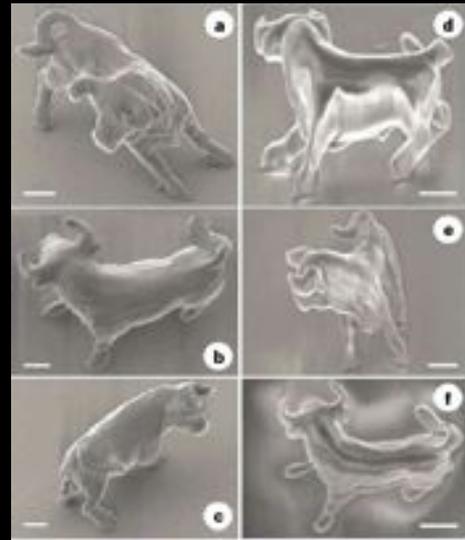
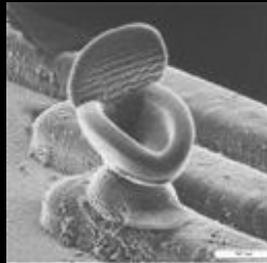
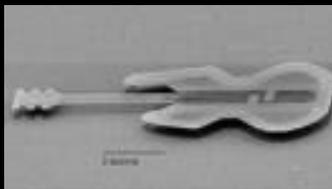
## Método de arriba-abajo (top-down)



### Fotolitografía

#### Miniaturización de objetos

*El toro micrométrico de Kawata, del tamaño de los glóbulos rojos, ha sido obtenido mediante fotopolimerización de una resina (Nature 2001).*



## Método de abajo hacia arriba (bottom-up)





Método de abajo-arriba (bottom-up)



### Ingredientes elementales de un cuerpo humano

- una bombona de oxígeno, otra de hidrógeno y otra de nitrógeno
- unos kilos de carbono y calcio
- unos gramos de azufre, fósforo, hierro y magnesio
- pequeñas pizcas de otros 20 elementos químicos



# NANOTECNOLOGIA

Construyendo el mundo  
átomo a átomo, molécula a  
molécula



## La nanotecnología, ¿un fenómeno nuevo ?

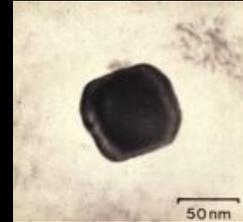
imdea  
nanociencia



### La copa de Licurgo

Color cambiante de la Copa de Licurgo (verde con luz reflejada y rojo con luz transmitida) y una de las nanopartículas de Au que contiene el vidrio del que está hecha

IV century AD,  
British Museum



Au and Ag nanoparticles,  
60-70 nm in diameter

Licurgo, en un ataque de locura, mató a su hijo Drías, confundiénolo con una cepa de vid, y su país quedó yermo en señal de luto. Sólo al morir licurgo volvió a florecer la tierra



imdea  
nanociencias

## Rosetón de la Iglesia de San Felipe (Brihuega, s.XIII)



La primera fotografía en color fue realizada por James Clark Maxwell, universalmente recordado por sus contribuciones a la teoría electromagnética, la cual, a su vez, tuvo una importancia trascendental para que en 1908 Gustav Mie explicara por qué el color de los vidrios dependía del tamaño y composición de las nanopartículas incluidas en ellos.



# Vidrieras medievales y nanopartículas



Deep red colors in some stained glass windows created during the Middle Ages were the result of **surface plasmons**, an electronic state of gold nanoparticles in the glass.



# Espadas de Damasco y Nanotubos de carbono



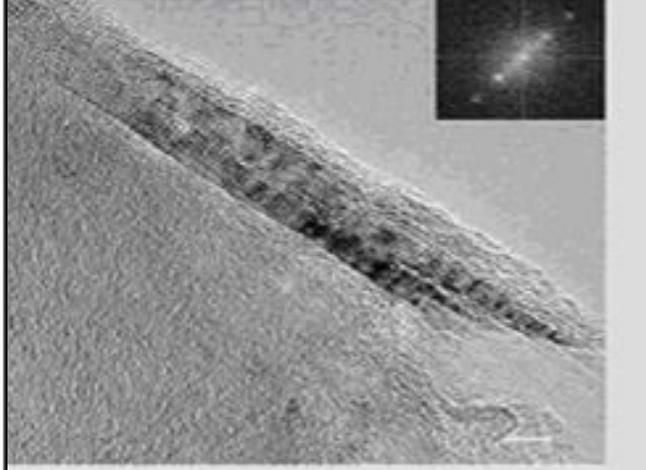
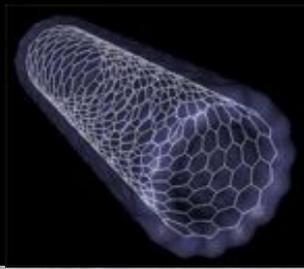
**The Key Role of Impurities in Ancient Damascus Steel Blades**  
J.D. Verhoeven, A.H. Pendray, and W.E. Dauksch



The art of producing the famous 16–18th century Damascus steel blades found in many museums was lost long ago. Recently, however, research has established strong evidence supporting the theory that the distinct surface patterns on these blades result from a carbide-bonding phenomenon produced by the microsegregation of minor amounts of carbide-forming elements present in the wootz ingots from which the blades were forged. Further, it is likely that wootz Damascus blades with damascene patterns may have been produced only from wootz ingots supplied from those regions of India having appropriate impurity-containing ore deposits.

**INTRODUCTION**

The art and science of making large Damascus blades is a lost art. The date of the last blades produced with the highest-quality damascene patterns is uncertain, but is probably around 1750. It is unlikely that blades displaying low-quality damascene patterns were produced later than the early 19th century. Debate has persisted in the metallographic community over the past 200 years as to how these blades were made and why the surface patterns appeared.<sup>1–4</sup> Research efforts over the years have claimed the discovery of methods to reproduce wootz Damascus steel blades,<sup>5–7</sup> but all of these methods suffer from the same problem—modern blacksmiths have been unable to use the methods to reproduce the blades. The art of producing wootz Damascus blades originates from the 16th century, but its loss is a tragedy. The art of producing wootz Damascus blades is a lost art. The date of the last blades produced with the highest-quality damascene patterns is uncertain, but is probably around 1750. It is unlikely that blades displaying low-quality damascene patterns were produced later than the early 19th century. Debate has persisted in the metallographic community over the past 200 years as to how these blades were made and why the surface patterns appeared.<sup>1–4</sup> Research efforts over the years have claimed the discovery of methods to reproduce wootz Damascus steel blades,<sup>5–7</sup> but all of these methods suffer from the same problem—modern blacksmiths have been unable to use the methods to reproduce the blades.



Over the last 20 years, there has been a dramatic increase in the number of scientists who have become interested in early substrate segregation, a field of study that has come to be known as **metallography**. In this article, we have conducted a thorough review of the study of ancient technologies in a field that will be known as **metallography**. In this article, we have conducted a thorough review of the study of ancient technologies in a field that will be known as **metallography**. In this article, we have conducted a thorough review of the study of ancient technologies in a field that will be known as **metallography**.



## Propiedades que dependen del tamaño y estados de pozo cuántico

En los últimos años la **nanociencia** y **nanotecnología** se ha convertido en una de las más importantes y excitantes fronteras científicas, donde confluyen la Física, la Química, la Biología y la Ingeniería. Mientras que la palabra nanotecnología es relativamente nueva, la existencia de dispositivos funcionales y estructuras de dimensiones nanométricas, no lo es. De hecho, estructuras de este tipo han existido en la Tierra desde que existe la vida.

**La concha del molusco avalón**, muy común en el Caribe, que presenta una dureza excepcional, está compuesta por bloques nanoestructurados de carbonato cálcico "pegados" por una mezcla de carbohidratos y proteínas y es una demostración viva de que los materiales nanoestructurados son mecánicamente más resistentes. Los humanos hemos aprovechado los materiales nanoestructurados desde hace mucho tiempo.



## PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2007

Los procesos catalíticos vistos con detalle atómico. Las investigaciones básicas de Gerhard Ertl sobre procesos en superficies sólidas tienen múltiples aplicaciones directas



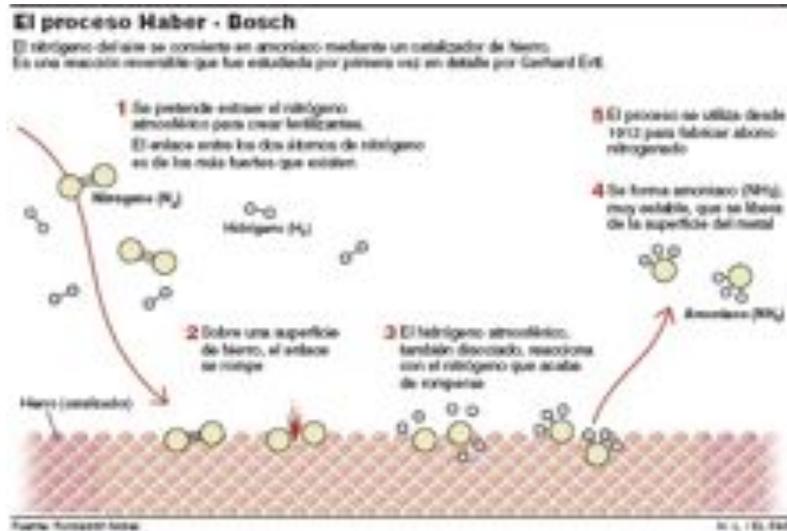
Gerhard Ertl paseó por el jardín del Instituto Fritz-Haber de Berlín tras ser galardonado con el Nobel de Química 2007.

Nazario Martín León y Enrique García Michel.  
**EL PAÍS, FUTURO**  
miercoles 17 de octubre de 2007



## PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2007

Se considera con razón a Gerhard Ertl uno de los creadores de una nueva disciplina, la fisicoquímica de superficies sólidas, que involucra por igual a físicos y químicos.

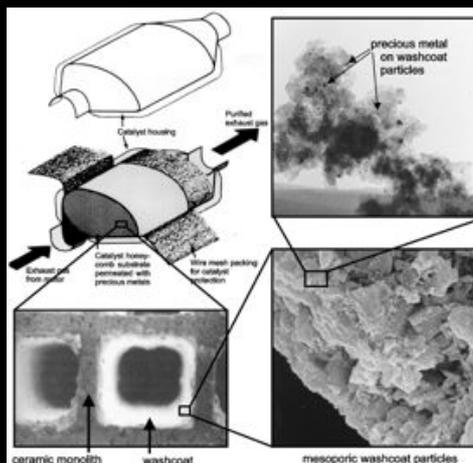
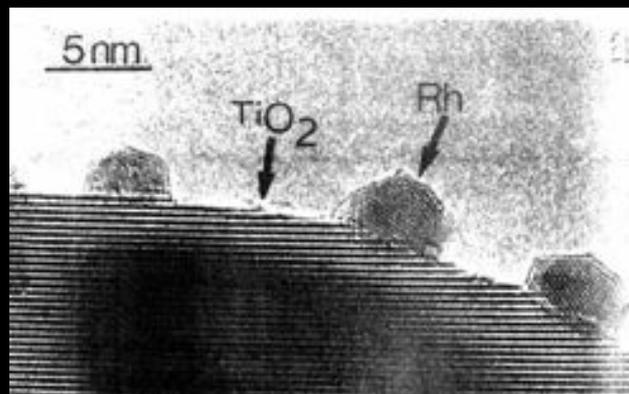


La investigación básica y la aplicada configuran las dos caras de una misma moneda y, por tanto, son indisolubles.



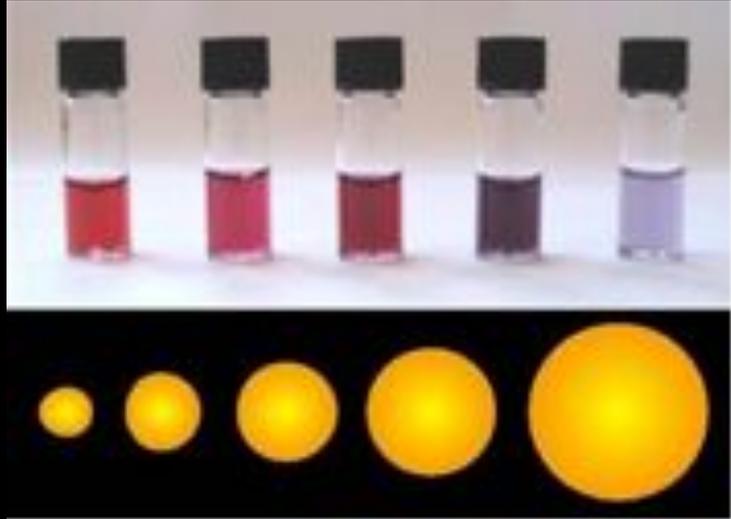
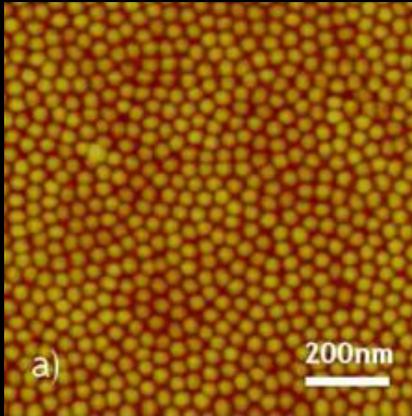
## GERHARD ERTL

## Premio Nobel de Química 2007





## ¿De qué color es el oro?



- ¿Por qué?
  - Materiales de distinto tamaño reflejan y absorben la luz de un modo diferente