

# Nanometrología: Soporte de la nueva revolución industrial

Dr. R. Lilia Centeno Sánchez  
Department of Materials Science and Metallurgy  
University of Cambridge

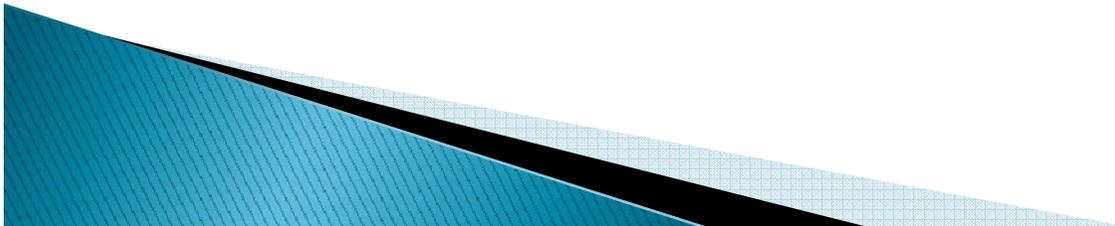
# Universidad de Cambridge: 800 años



- ▶ 83 premios nóbeles desde 1904.
- ▶ Electrón, neutrón, estructura atómica, argón, rayos X, ADN, penicilina, efecto Josephson, polímeros conductores ...
- ▶ En un radio de 60 km coexisten más de 600 compañías de alta tecnología relacionadas con la Universidad de Cambridge. Entre ellas emplean a más de 20 000 personas

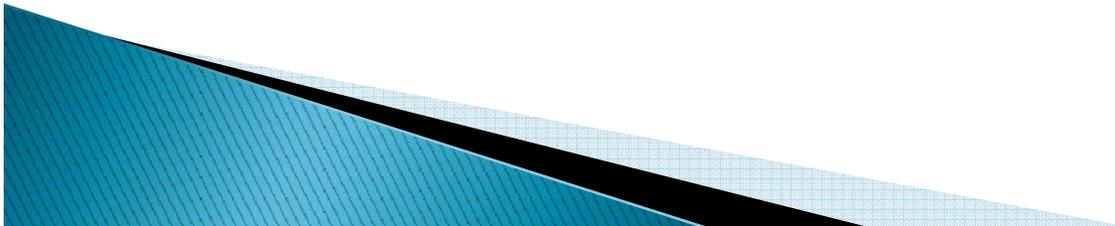
# Temas

- Desarrollos tecnológicos y necesidades de medición
- Nanotecnología
  - Areas de desarrollo
    - Aplicaciones: medicina y energía
  - Impacto social y económico
- Infraestructura en Nanometrología
  - Técnicas de medición
- Nanometrología en contexto global
- Conclusiones



# Metrología y tecnología

- ▶ La metrología sustenta la comercialización de servicios y productos entre países y/o productores–usuarios así como el desarrollo tecnológico y científico.



# Dimensiones en contexto



× 1 metro

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

# Dimensiones en contexto



× 10 centímetros

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

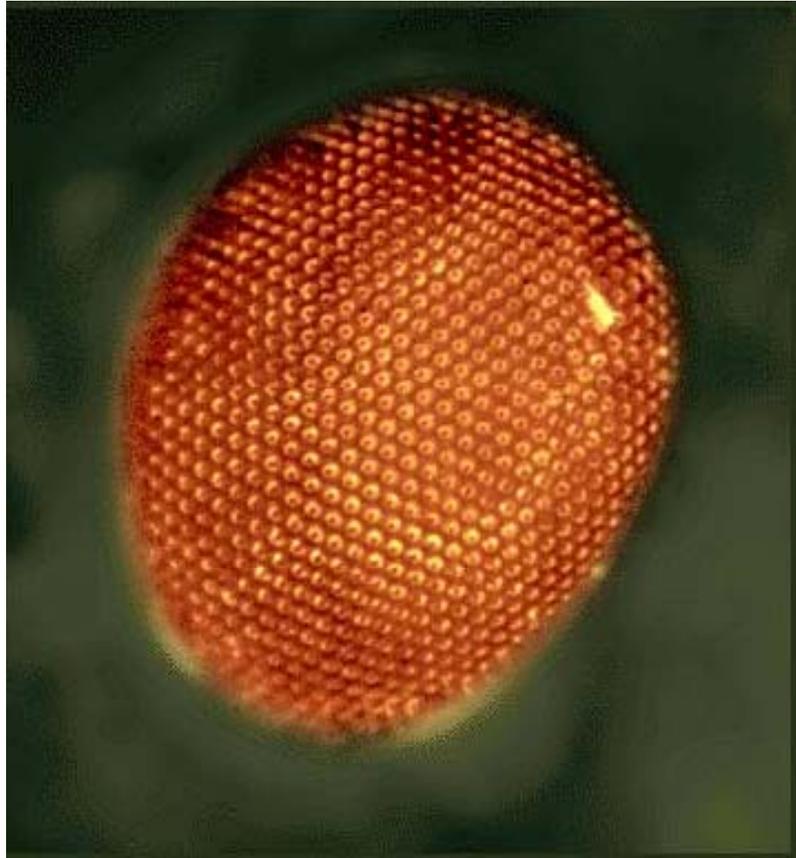
# Dimensiones en contexto



× 1 centímetro

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

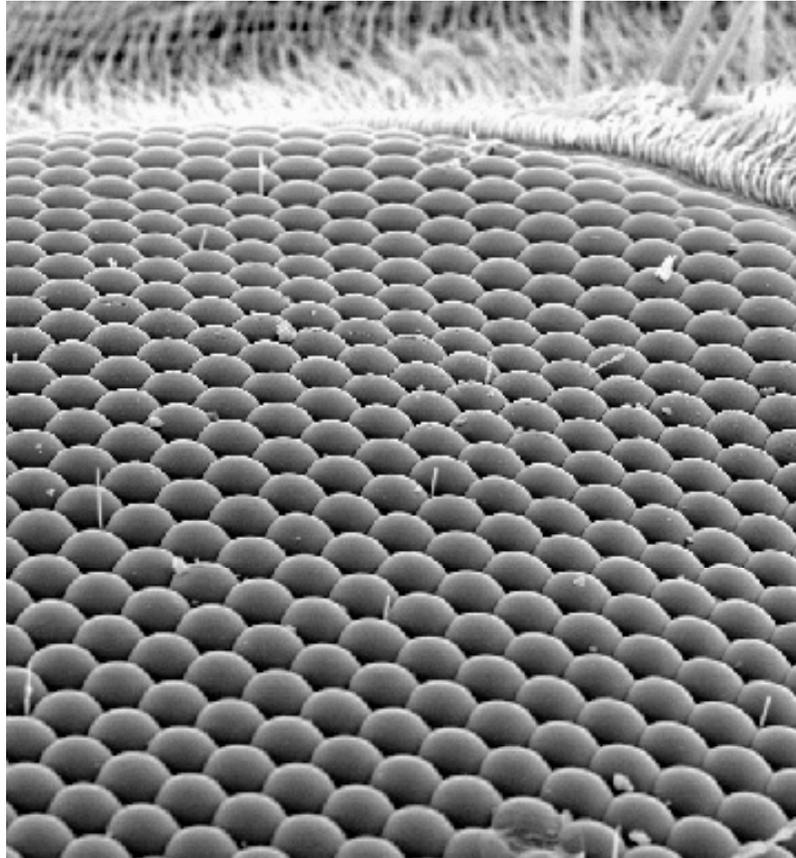
# Dimensiones en contexto



× 100 micrómetros

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

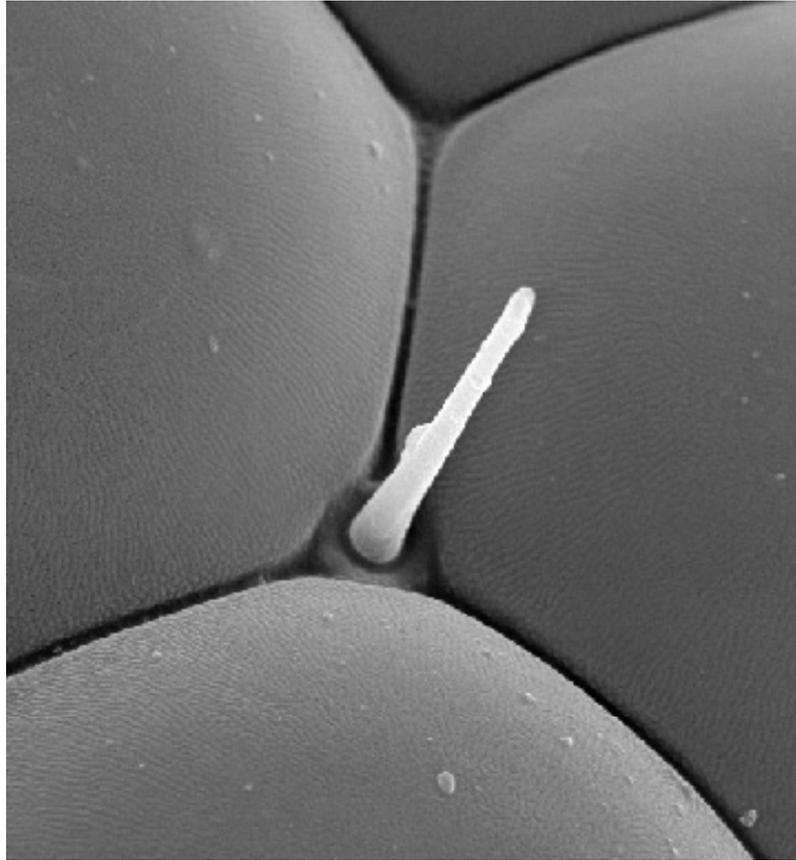
# Dimensiones en contexto



× 10 micrómetros

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

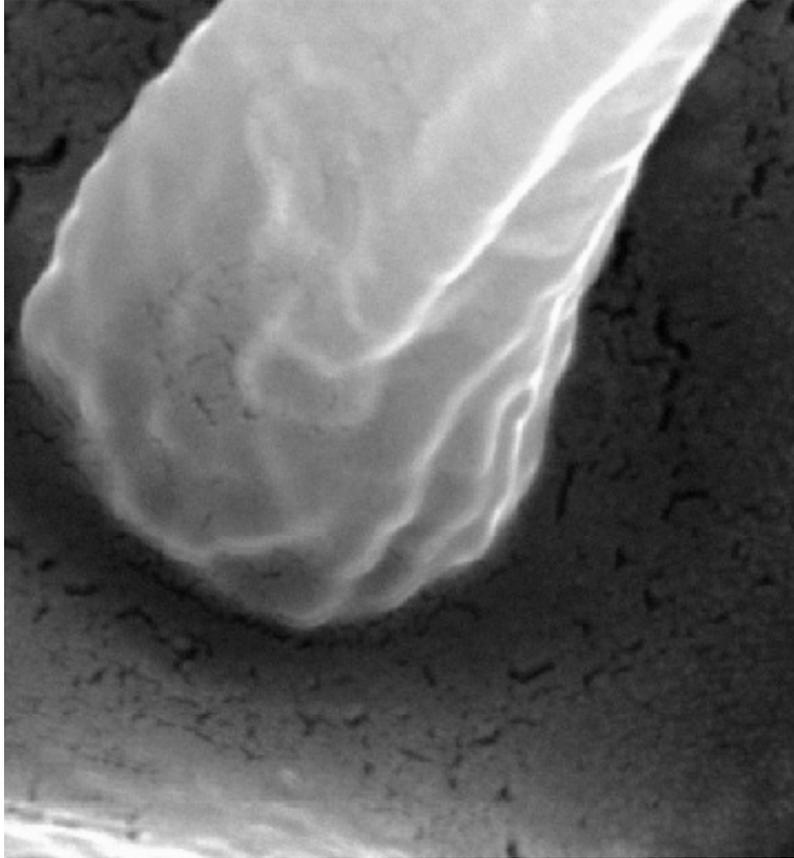
# Dimensiones en contexto



× 1 micrómetro

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

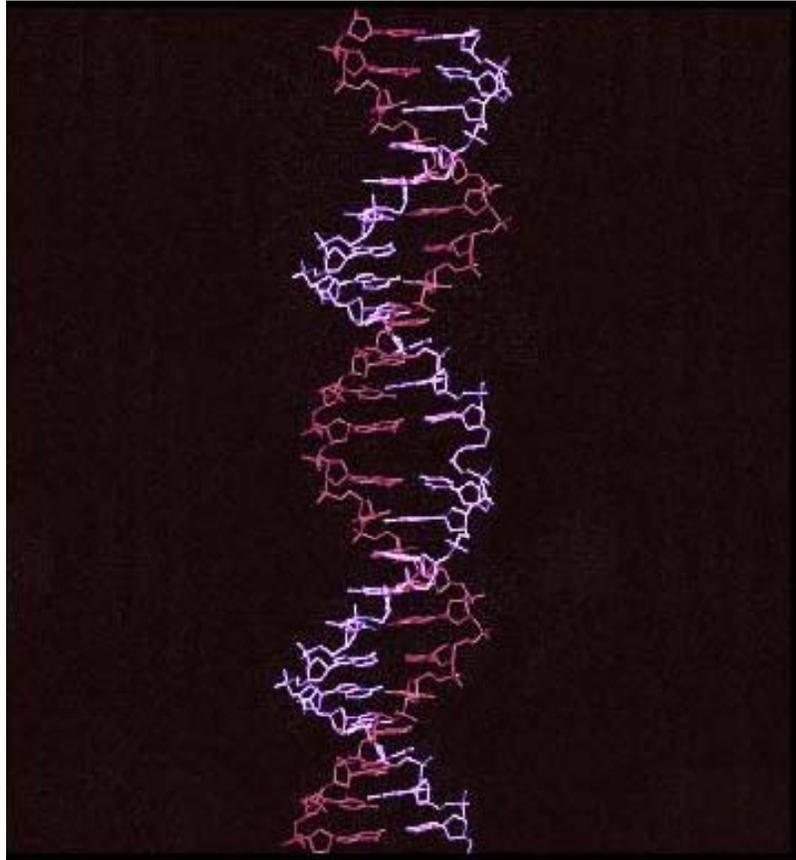
# Dimensiones en contexto



× 100 nanómetro

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

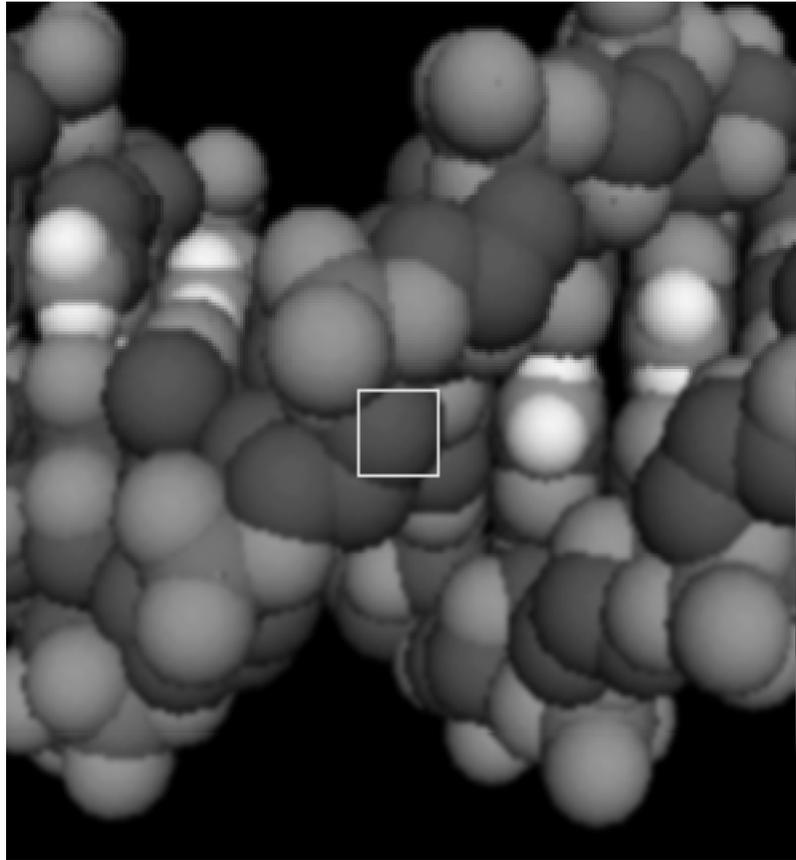
# Dimensiones en contexto



× 10 nanómetros

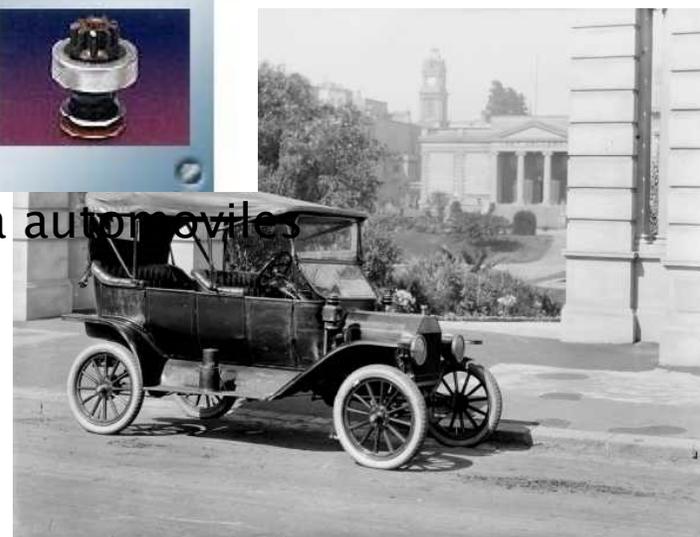
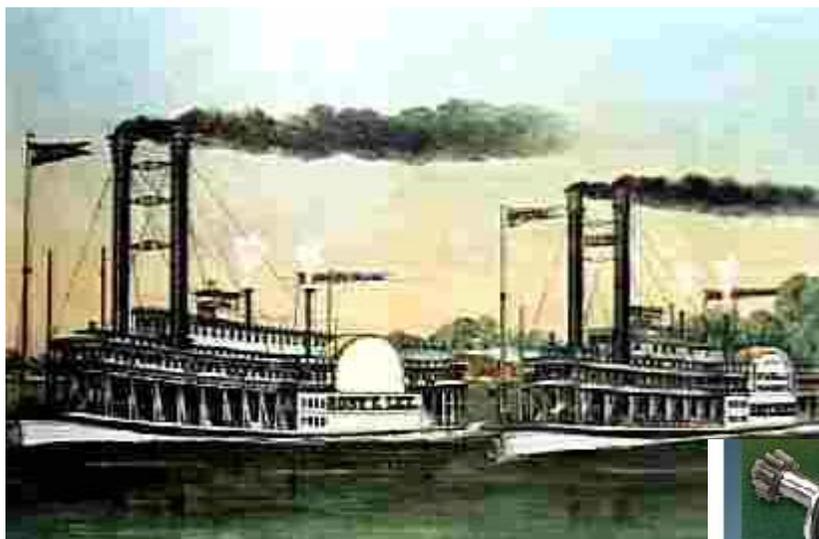
source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

# Dimensiones en contexto



× 1 nanómetro

source: CERN <http://microcosm.web.cern.ch/microcosm>

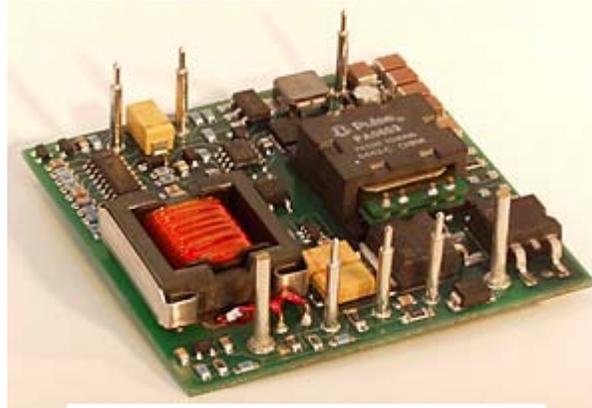


Partes para automoviles

Second Marcus Car of 1888;  
built by Siegfried Marcus

T-model Ford

La era de las maquinas 1800-1920



La era del semiconductor 1950-2010



Celdas de energía

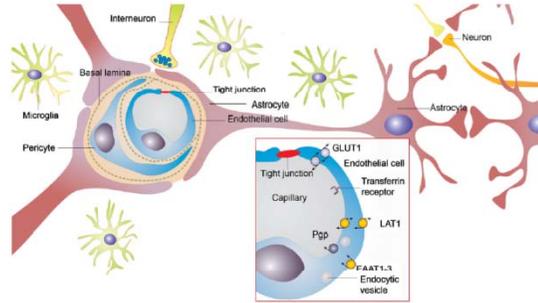
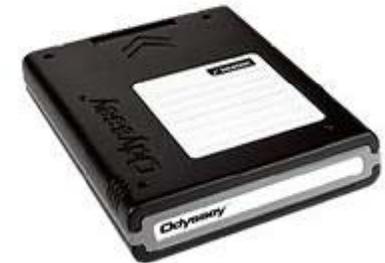
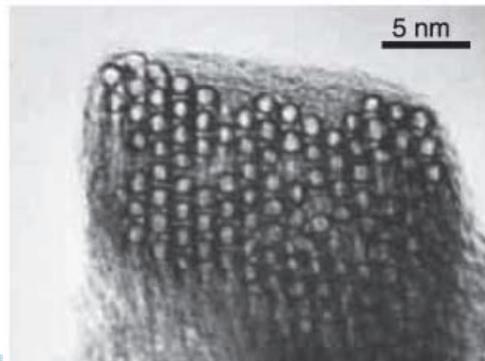
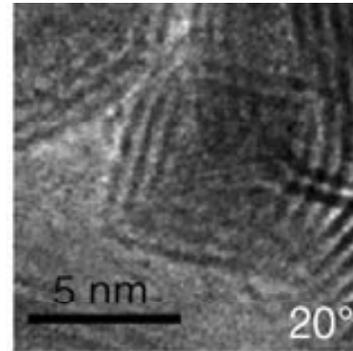
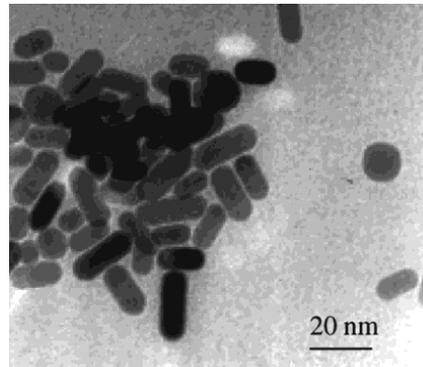


Fig. 1. The BBB is formed by BMVEC (see insert) that form tight junctions and express different transport systems such as Pgp, glucose transporter (GLUT1), large amino acid transporter (LAT1), excitatory amino acid transporters (EAAT-3), transferrin receptor and others.

Entrega de medicamento



Celdas fotovoltaicas



Capacidad de memoria

La era de la nanotecnología 2000-

# Nanotecnología: aplicaciones medicas

- Las nanomedicinas ayudan a mejorar le entrega de las drogas en el cuerpo así como a controlar su liberación.

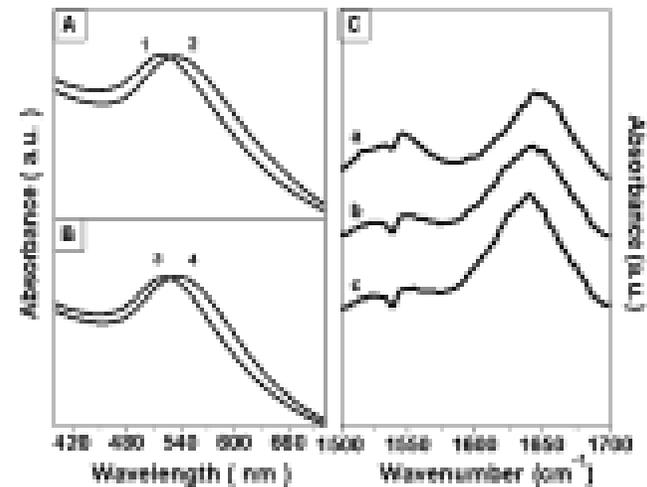
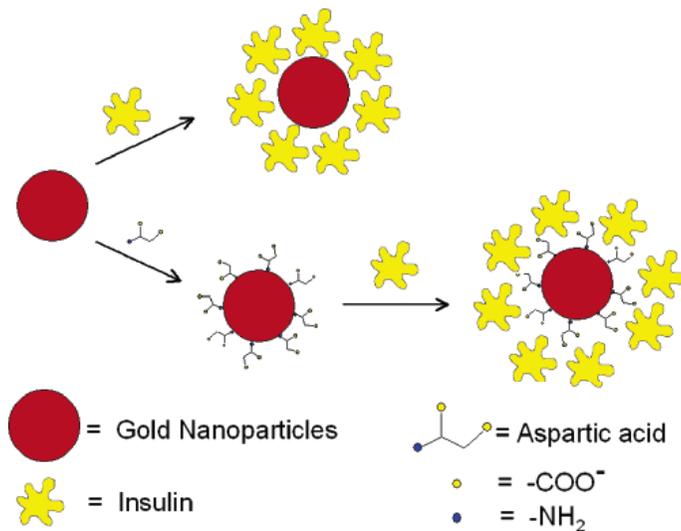
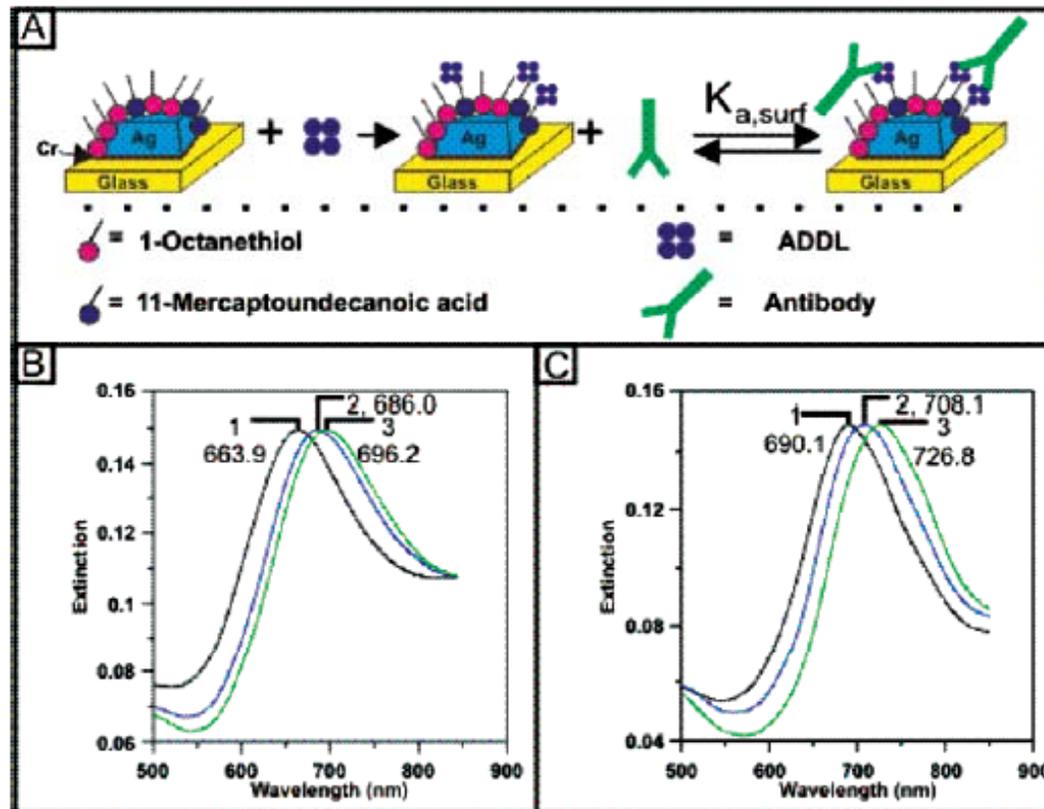


Table 1. Insulin Levels in Serum Expressed in mIU/mL

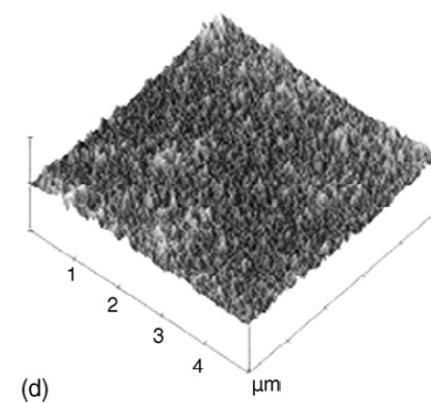
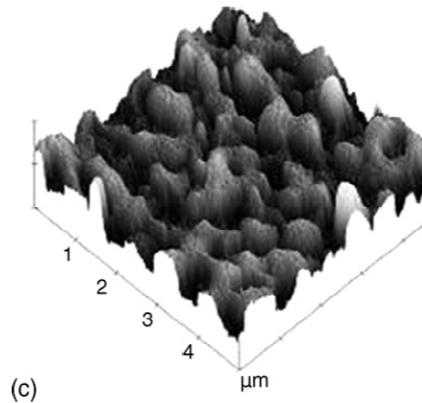
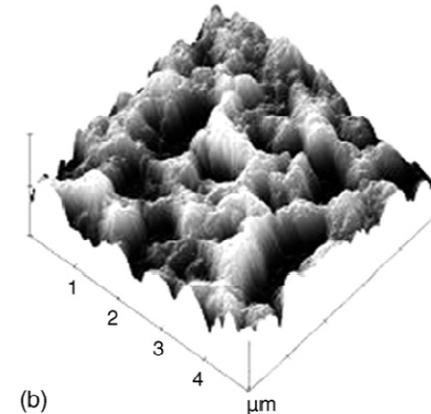
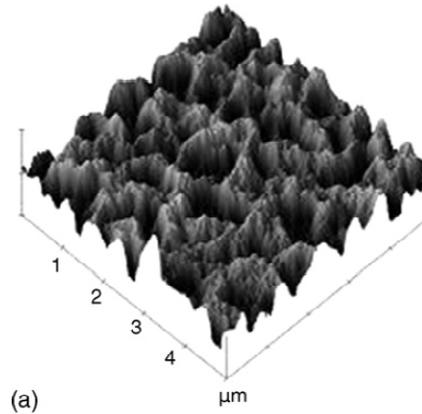
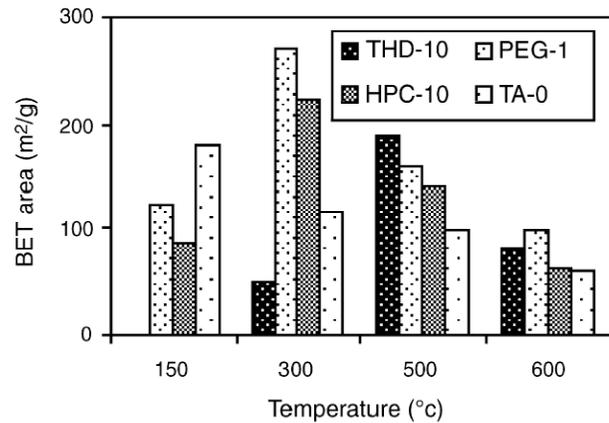
time (min)	Au-insulin		Au-Asp-insulin		control		sub-cutaneous
	oral	nasal	oral	nasal	oral	nasal	
120	1.7	1.2	0.9	1.9	not detectable	0.90	2.50
240	1.2	2.0	0.9	1.6	0.60	0.20	1.60
360	0.9		0.8	1.9	0.50	0.60	1.60

# Nanotecnología: aplicaciones médicas

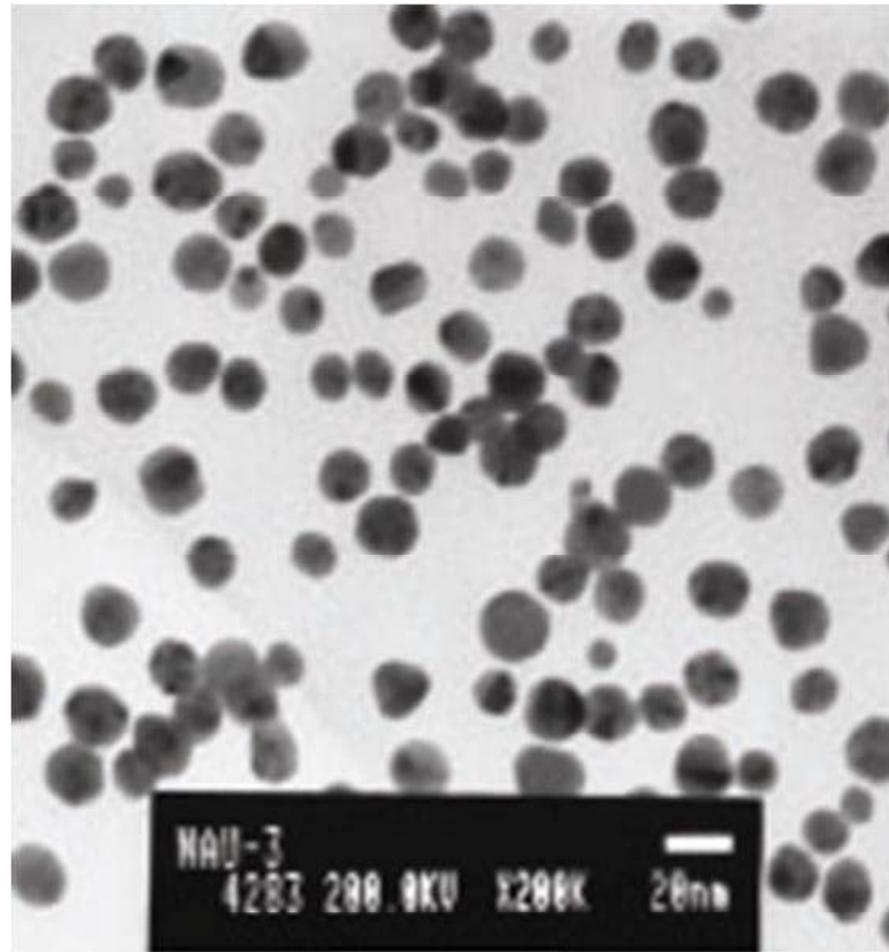
- Clinical diagnostic



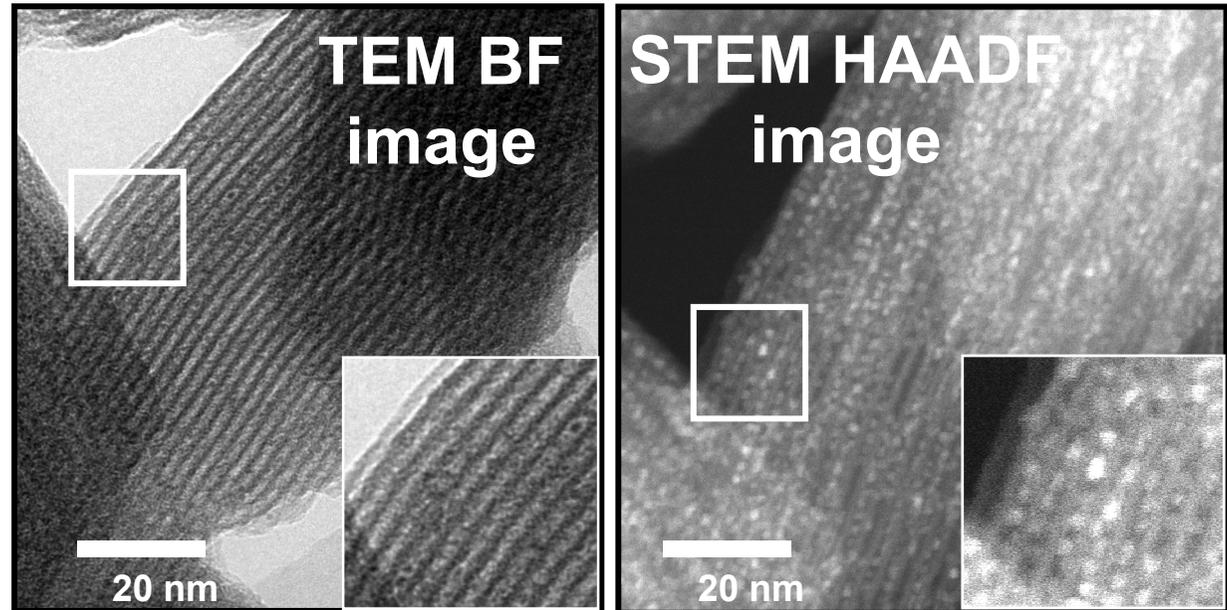
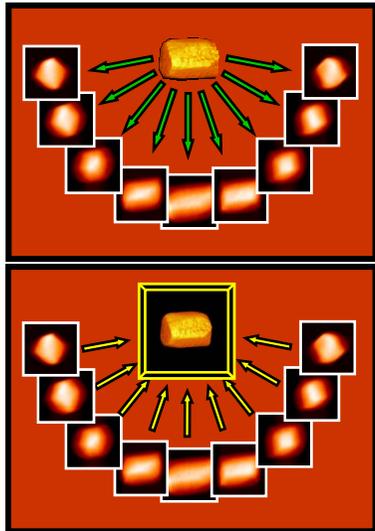
# Nanotecnología: sensores y energía



# Materiales con usos potenciales como patrones de calibración



# Técnicas de medición con potenciales usos en certificación: high-angle annular dark field (HAADF) electron tomography



Distribution of nanoparticles in mesoporous silica (MCM-41) revealed by STEM HAADF imaging

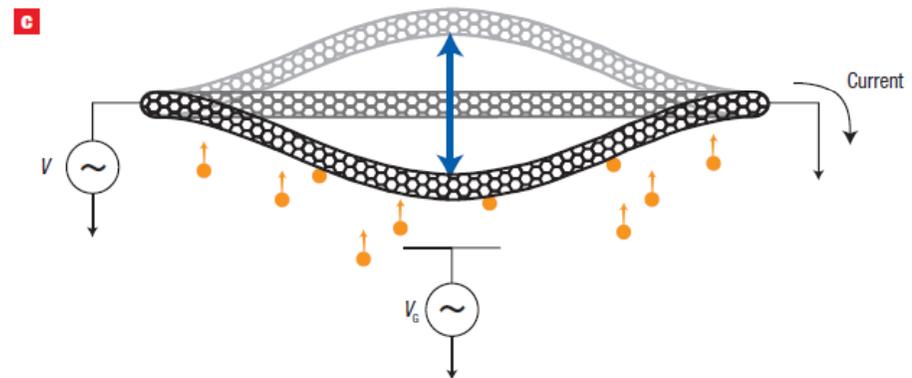
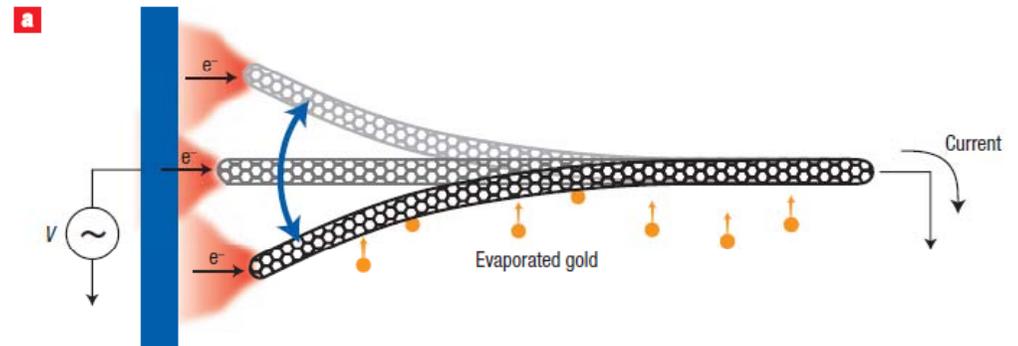
# Un paso mas cerca en la materialización de la mol?

## NEWS & VIEWS

### MASS SENSORS

## Weighing single atoms with a nanotube

Researchers have used a vibrating carbon nanotube to set a new record for nanomechanical mass sensing. Could this approach — currently being pursued by three independent groups — lead to a new type of mass spectrometer?



# Mercado global en nanoelectronicos

**Table 3.14 Global Market Sizes for Nano Materials for Nanoelectronics**

Nano Materials*	Actual 2004	Estimate 2005
<b>Catalysts</b>	<b>\$0.1</b>	<b>\$0.2</b>
<b>Coatings</b>	<b>\$28.5</b>	<b>\$50.1</b>
Dielectrics	28.0	49.0
Others	0.5	1.1
<b>Designer Molecules</b>	<b>\$89.3</b>	<b>\$130.8</b>
193 nm Photoresists	89.0	130.0
Others	0.3	0.8
<b>Engineered Substrates</b>	<b>\$1.8</b>	<b>\$5.5</b>
<b>Nanotubes</b>	<b>\$30.0</b>	<b>\$38.0</b>
<b>Nano Composites</b>	<b>\$0.03</b>	<b>\$0.04</b>
<b>Nano Particles</b>	<b>\$0.9</b>	<b>\$1.1</b>
Clusters	0.01	0.02
Crystalline Materials	0.5	0.6
Functionalized Particles	0.2	0.4
Quantum Dots	0.1	0.1
<b>Nano Wires</b>	<b>\$0.5</b>	<b>\$0.6</b>
<b>Precursors</b>	<b>\$5.0</b>	<b>\$8.0</b>
<b>Slurries</b>	<b>\$5.0</b>	<b>\$12.0</b>
<b>Total US\$M</b>	<b>\$161.1</b>	<b>\$246.3</b>

\* Excludes license revenues.

Source: SEMI, November 2005

**Table 4.10 Global Market Sizes for Nano Tools and Equipment for Nanoelectronics**

Nano Tools and Equipment*	Actual 2004	Estimate 2005
<b>Atomic Manipulation</b>	<b>\$33.0</b>	<b>\$45.1</b>
<b>Deposition</b>	<b>\$230.4</b>	<b>\$245.1</b>
ALD	60.1	66.0
CVD	16.0	18.0
MBE	34.3	37.0
MOCVD	120.0	124.1
<b>Etch</b>	<b>\$32.0</b>	<b>\$37.1</b>
<b>Implantation</b>	<b>\$37.8</b>	<b>\$66.0</b>
<b>Inspection and Metrology</b>	<b>\$779.4</b>	<b>\$939.4</b>
FIB	117.4	225.0
SEM/TEM	420.0	445.1
SPM/STM/AFM	242.0	269.3
<b>Lithography</b>	<b>\$163.4</b>	<b>\$231.2</b>
Direct write/E-beam	48.1	55.0
EUVL	42.1	70.1
NIL	14.2	32.0
193 nm immersion	59.0	74.1
<b>Surface Conditioning</b>	<b>\$4.2</b>	<b>\$6.0</b>
<b>Thermal Processing</b>	<b>\$7.0</b>	<b>\$11.1</b>
<b>Total US\$M</b>	<b>\$1,287.2</b>	<b>\$1,581.0</b>

\* Excludes spare parts and service.

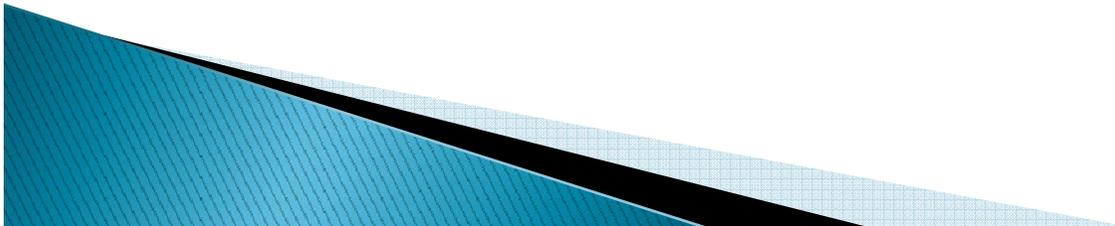
Source: SEMI, November 2005

# Institutos nacionales: desarrollo de nanometrología

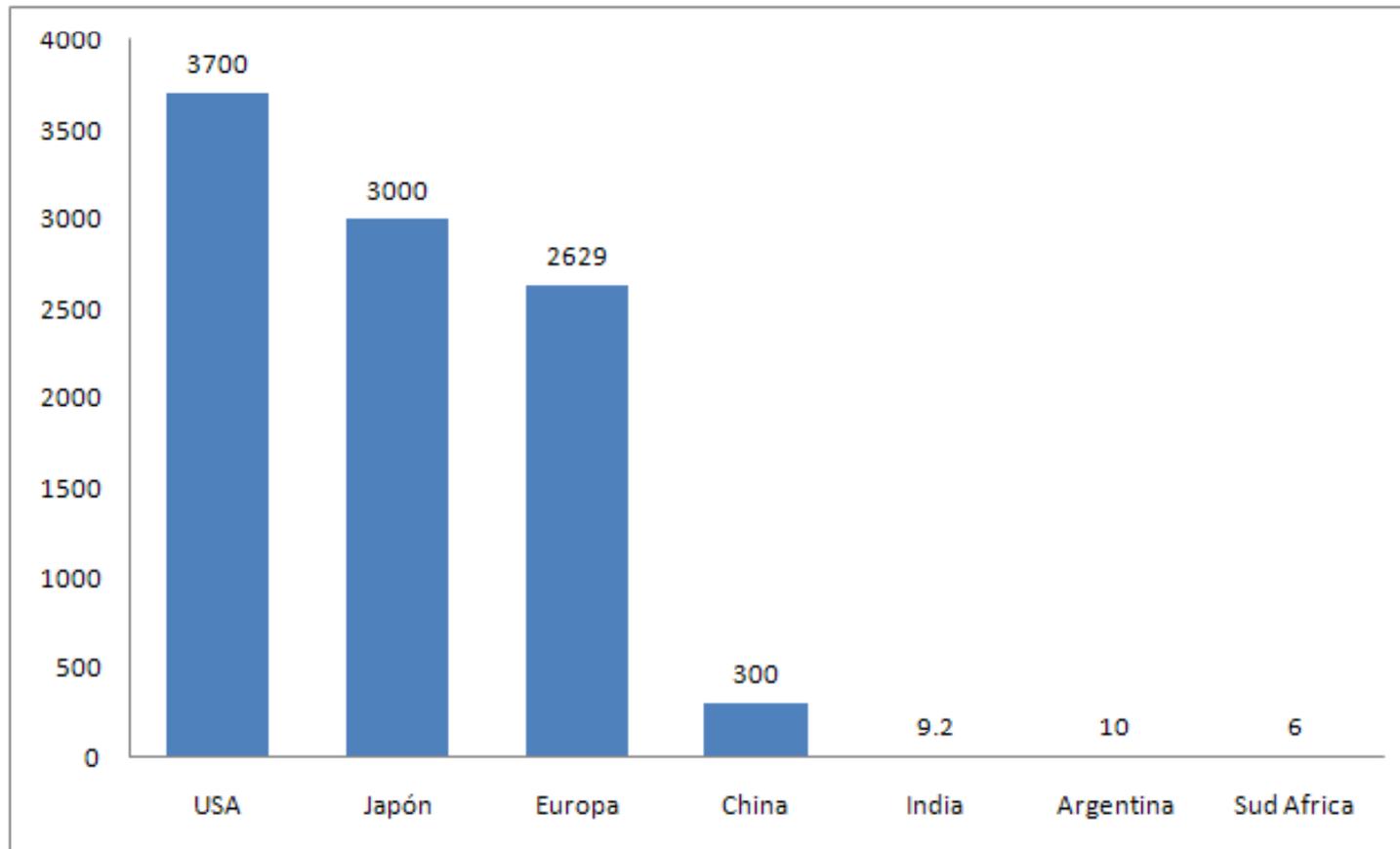
Pais	Instituto	departamento
USA	NIST	Center for nanoscale Science and Technology
CANADA	INMS	Dimmensional metrology
UK	NPL	Advanced Materials/Nanoscience
GERMANY	PTB	Dimensional Nanometrology
SWITZERLAND	METAS	Particles and Aerosols
JAPAN	NMIJ	Lengths and dimensions division
KOREA	KRISS	Division of advanced technology (nanometrology center)
TAIWAN	CMS	Nanotechnology research centre
BRASIL	INMETRO	CIENCIA DE MATERIALES

# Implicaciones economicas

- ▶ The European commision en su reporte del 2004 estimo que la inversión global en nanotecnología es cerca de 5000 millones.



# Inversión en nanotecnología periodo 2005-2007 (millones de dólares)



# conclusiones

- ▶ \*Pronósticos de crecimiento masivo de los mercados enfocados en nanotecnología . Se estima que las ventas globales de los productos derivados de nanotecnologías emergentes excederán US\$ 2.5 mil millones/ p.a. dentro de los siguientes 10 años . La fundación nacional de ciencia en USA estima que el mercado global de los nanomateriales con propiedades especiales y procesos de producción llegaran a US\$ 240 mil millones para 2011-2015 .
- ▶ Para asegurar el éxito comercial de muchas de las aplicaciones de la nanotecnología emergente es vital que existan técnicas disponibles que puedan caracterizar y controlar la calidad de los nano productos y los procesos que los producen.
- ▶ La selección del sistema de medición y de los datos que deben ser medidos para los nuevos sistemas nano dependerá del conocimiento científico de los principios del sistema bajo investigación, esto involucra la colaboración interdisciplinaria de varias áreas de la ciencia incluyendo metrología.
- ▶ La Comisión Europea ha establecido que para asegurar que la comunidad europea pueda desarrollar el potencial comercial de la nanotecnología, la industria y la sociedad requieran de medios confiables de cuantificación así como de técnicas de medición que muestren la competitividad y confiabilidad de los futuros productos y servicios.
- ▶ La metrología y estándares necesitan ser desarrollados para facilitar el rápido desarrollo de la tecnología así como proveer a los usuarios con la confianza necesaria en los nuevos procesos y productos. Desarrollos novedosos en técnicas de medición son necesarios para sostener las demandas que la nanotecnología trae consigo. El quinto programa europeo de trabajo de expertos de alto nivel en mediciones y prueba (fifth European framework Programme's High Level Expert Group on measurement and testing) enfatizaron que la nanometrología debe ser vista como una parte indispensable de todas las clases de nanotecnología

# Agradecimientos

- ▶ Chemistry of Materials Group, Electron Microscopy Group, University of Cambridge, UK
- ▶ Centro Nacional de Metrologia, Mexico

