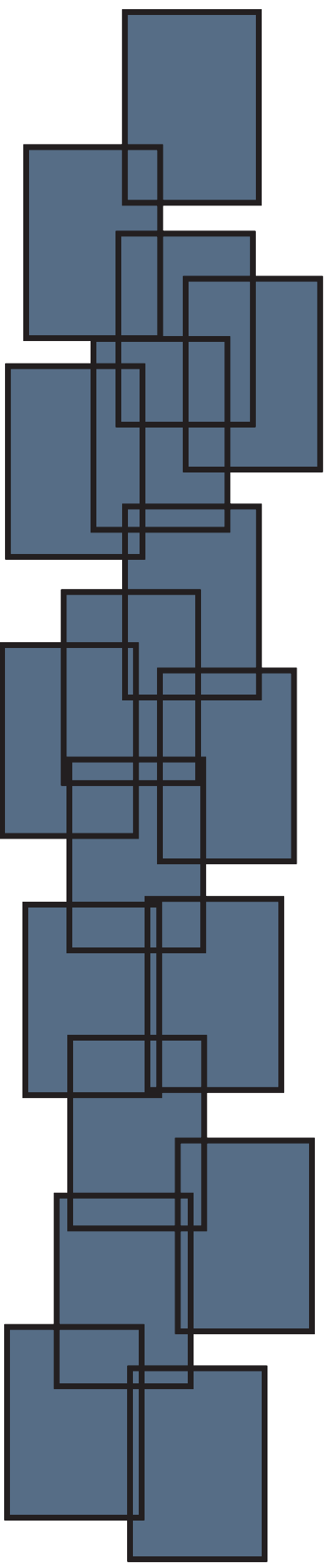


SPM

MICROSCOPIAS DE CAMPO CERCANO





Javier Méndez

Lugar y fecha de nacimiento: Madrid (España), 1966.

Formación: Licenciado en Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid en 1989, donde también completó el doctorado. Posteriormente realizó el post-doc en Berlín.

Carrera Profesional: Su carrera científica ha estado siempre vinculada al microscopio de campo cercano (SPM). Con esta técnica ha investigado superficies de metales, óxidos semiconductores y recientemente, materiales orgánicos. Ha trabajado en temas tan variados como la modificación de superficies, la conducción cuántica y las reacciones catalíticas.

Vinculado al CSIC desde el año 2002, obtuvo la plaza de Científico Titular en 2005. Está especializado en microscopía y espectroscopia de efecto túnel, así como en la nanoestructuración. Ha trabajado con los grupos de los profesores H. Niehus y G. Ertl (recientemente galardonado con el Premio Nobel de Química).



1. Introducción

La microscopía SPM (del inglés *Scanning Probe Microscopy*, [*Probe* = "sonda"] traducido sin embargo como "microscopía de campo cercano") consiste en aproximar una punta o "sonda" a una superficie que se quiera visualizar y medir la interacción entre la punta y la superficie. Moviendo la punta sobre la superficie (en inglés *scanning*) se obtiene un mapa de esta interacción y por lo tanto una imagen de la muestra en estudio. En función de la interacción que se utilice tenemos los diversos microscopios que abarcan esta técnica. Así, el microscopio de efecto túnel STM (*Scanning Tunnelling Microscope*) mide la corriente eléctrica que aparece entre punta y muestra cuando aplicamos una diferencia de potencial entre ambas. El microscopio de fuerzas AFM (*Atomic Force Microscope*) mide las fuerzas de la interacción que haya entre punta y muestra cuando se encuentran próximas. El microscopio de fuerzas magnéticas MFM (*Magnetic Force Microscope*) es una variante del AFM donde se mide la interacción magnética. El microscopio óptico de campo cercano SNOM (*Scanning Near-Field Optical Microscope*) mide la luz evanescente reflejada o transmitida por la muestra. El hecho de que todos estos parámetros de interacción decaigan rápidamente con la distancia, hace necesario que la distancia entre punta y muestra en estos microscopios sea del orden o inferior al nanómetro (1 nanómetro = 0.000000001 metros) y es lo que hace que estas técnicas sean tan delicadas (muy sensibles a pequeñas vibraciones y ruidos), pero por otro lado, es lo que proporciona la altísima resolución que se obtiene, llegando incluso a hacer visibles los átomos de las superficies que observemos.



Figura 1. Imagen simulada del STM

Desde la invención del microscopio de efecto túnel (STM) en 1982 por Binnig y Rohrer (investigadores que comparten el premio Nóbel de Física de 1986 por dicha invención) esta técnica y en general las técnicas que conforman la microscopía de campo cercano (SPM: STM, AFM, SNOM, MFM,...) han obtenido una relevancia creciente en las diversas áreas de investigación de Física, Química y Biología. Así, la comunidad de investigación dedicada a esta técnica, o que emplea esta técnica como herramienta base, ha superado con creces en menos de 20 años a las comunidades de otras técnicas microscópicas, que cuentan con muchos más años de desarrollo. España no ha estado al margen de esta progresión y ha estado presente desde los comienzos de esta técnica (el primer congreso de STM se realizó en España, en Santiago de Compostela, y el primer grupo de SPM que surgió en España lo hizo en el año 84).

El número de artículos que tienen como palabra clave "*Scanning Probe Microscopy*" (o bien "STM" o "AFM") es de 66513. De estos artículos Estados Unidos participa con 18533 (28%) de los artículos, Japón con 9901 (15%), Alemania con 7766 (12%). España ocupa el duodécimo lugar en esta escala de producción mundial de artículos de SPM con 1571 artículos (2.4%). Si consideramos los últimos años, de 2004 hasta hoy, los porcentajes se mantienen salvo en algunos matices: China pasa a ser la



segunda potencia mundial, y España adelanta a Suiza y Rusia, pero es adelantada por la India y Taiwan, manteniendo la duodécima posición. La producción española sube ligeramente hasta el 2.8% de los artículos mundiales.

Si consideramos Europa como entidad, Europa es claramente el mayor productor científico mundial en este área, con casi el 50% de los artículos. Dentro de Europa (ver figura 1 presentado), España ha pasado a la quinta posición (si contamos desde 2004), detrás de Alemania, Francia, Inglaterra e Italia.

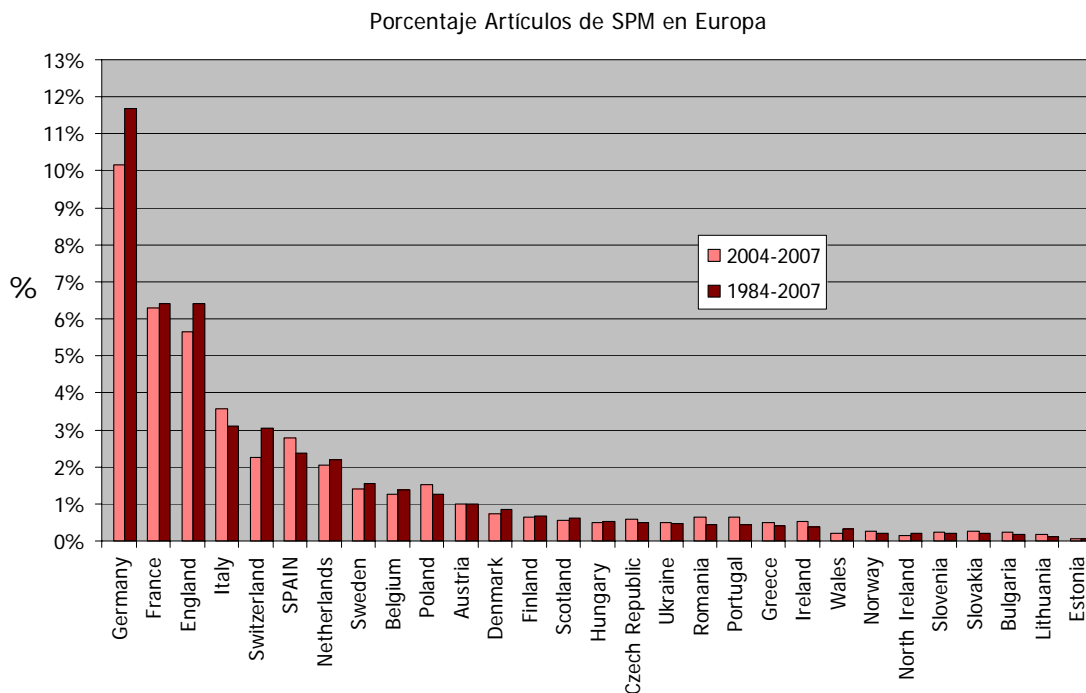


Figura 2: Porcentaje de artículos de SPM en Europa en base al total Mundial

Si distinguimos entre las diversas técnicas SPM, el 60% de los artículos son de AFM, 34% de STM y el 6% restante de otras microscopías. Esta ventaja del AFM se hace mayor si consideramos los últimos años (desde 2004): 71% de los artículos son de AFM, 21% de STM y el 8% restante de otras técnicas.

Este sencillo estudio estadístico nos da ya idea de algunos puntos importantes a tener en cuenta en este informe:

- Europa es un ámbito de gran importancia en la producción científica mundial.
- Países como China, Corea del Sur, Taiwan e India están despuntando en importancia en el ámbito científico (al igual que en el económico).
- La microscopía de fuerzas (AFM) tiene un mayor crecimiento que la microscopía túnel.
- Otras microscopías (SNOM, MFM, etc.), aunque en menor medida, van ganando terreno.

2. Estado del arte general

El potencial del STM, especialmente en sus primeros años de desarrollo, derivaba de la capacidad de resolver a escala atómica las superficies de los materiales en estudio. Durante años, los trabajos presentados en los congresos del campo han mostrado imágenes de átomos que se encontraban en complicadas reconstrucciones superficiales. Una vez resueltas la mayor parte de superficies, éstas han perdido relevancia. Luego se logró alcanzar la capacidad nanotecnológica de esta microscopía, la capacidad de manipular a escalas nanométricas, la capacidad de modificar las superficies de forma local mediante la punta del microscopio y en definitiva, la capacidad de escribir de diversas maneras cada vez más pequeño, cada vez con mayor densidad de información. Una vez conseguido, y dado que la posibilidad de aplicar estas técnicas a dispositivos reales es inviable (tiempos de acceso y de escritura demasiado largos), las líneas de investigación han tomado otras vías. Una de estas vías es la autoorganización. Consiste en aprovechar las propiedades de los materiales (difusión, nucleación, segregación, reacción) que dan lugar a la formación de estructuras ordenadas (ver el "review" reciente de J. Barth y K. Kern publicado en Nature, que recoge diversos modos de formar estructuras ordenadas).

Entre los trabajos más destacados de los últimos años, sobresale el interés por medir las propiedades de un solo átomo o de una sola molécula: la carga de un átomo individual (Reep et al.), el *spin* de un sólo átomo (Eigler et al.), la vibración de una molécula (W. Ho et al.).

Una línea de investigación claramente "de moda", son las moléculas orgánicas. Así, desde hace años en los congresos de SPM se presentan innumerables trabajos dedicados a la adsorción de moléculas que van desde los fullerenos (buckyballs y nanotubos), los perilenos, las ptialocianinas, hasta aminoácidos sencillos.

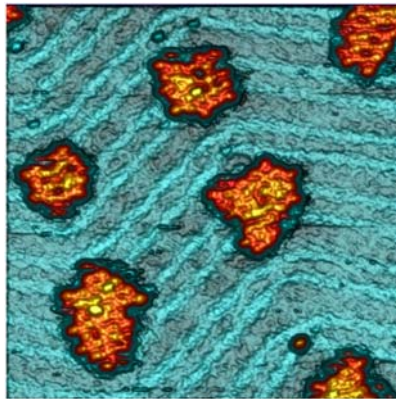


Figura 3. Nanoestructuración de moléculas orgánicas. Puntos Orgánicos. Objetos formados por moléculas orgánicas con un tamaño de unos pocos nanómetros de diámetro

La técnica que ha tenido un desarrollo más meteórico ha sido el microscopio de fuerzas AFM. Su capacidad de medir cualquier tipo de muestras (no sólo conductoras o semiconductoras como ocurre con el STM), una mayor velocidad de acceso y medida, una mayor independencia de la punta (el área de interacción de la punta es mayor, y por lo tanto es más estable frente a cambios de punta) e incluso, su mayor facilidad de interpretación (frente al STM donde se combinan efectos topográficos y espectroscópicos), hacen que esta técnica tenga una mayor difusión. Así, por ejemplo, debido a su potencial como herramienta para materiales biológicos no conductores, el



AFM ha copado la temática "bio". También, y gracias al desarrollo reciente y la obtención de resolución atómica mediante al modo "non-contact", el AFM gana terreno en un ámbito hasta ahora reservado al STM: la resolución de superficies a escala atómica (O. Custance et al.). El AFM aporta además información espectroscópica que pudiera servir para obtener la resolución química de las superficies y con una interpretación más directa.

Entre otros avances recientemente desarrollados mediante AFM, cabe destacar la posibilidad de medir las fuerzas necesarias para realizar determinados procesos biológicos (enrollado de la cadena de DNA, interacción entre enzimas).

3. Actuaciones a desarrollar en España en el plazo 2008-2011

En primer lugar, y como se menciona ya en la introducción, España debe mirar claramente hacia Europa, ya que es en este ámbito donde España puede aportar y puede adquirir relevancia. Para ello debemos hacer un esfuerzo por estar en el mayor número de iniciativas europeas posibles: proyectos, plataformas, colaboraciones. Desde los organismos públicos también se debería apoyar a los investigadores involucrados en la gestión de estas iniciativas.

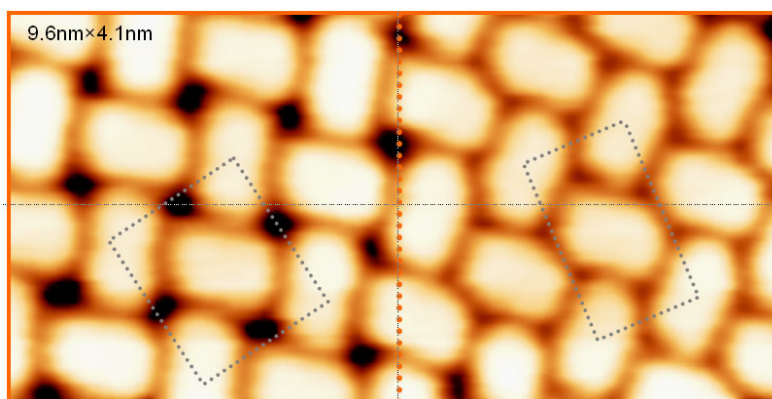


Figura 4. Imagen SPM. Moléculas orgánicas ordenadas en dos estructuras estables

Uno de los grandes defectos que adolece la investigación española (en general y en particular en el campo de la microscopía SPM) es la gran distancia existente entre científicos y la industria. Para mejorar la situación española, la solución requiere aportaciones desde todos los frentes. Por un lado los investigadores deben dedicar parte de sus investigaciones a temas que sean del interés de las empresas. Por otro lado los empresarios deberían apostar por inversiones que no sean a corto plazo. Finalmente, el Estado debería servir como intermediario y hacer confluir a empresarios e investigadores. Para realizar esta tarea hay que disponer de la información: grupos de investigación y técnicas disponibles por un lado; necesidades y problemas por resolver por el lado de las empresas. Se puede decir que ya existen estas iniciativas, que hay plataformas, convocatorias de proyectos conjuntos, subvenciones... pero parece que no son suficientes y no están bien coordinados. La solución puede estar en la base: fomentar el encuentro entre empresarios y científicos. Para ello se podrían fomentar las reuniones donde los empresarios expongan sus requerimientos y sus necesidades, y los investigadores presenten posibles soluciones, o al menos, que investigación se puede realizar para aproximarse a ellas. Otra posible vía de actuación, dentro de esta misma línea, es incentivar la producción de patentes y la creación de spin-offs por medio de ayudas estatales. También se deben fomentar actuaciones de

divulgación: semana de la ciencia, visitas a centros de investigación, cursos e incluso programas televisivos de divulgación.

En otro orden de cosas, la inversión en investigación es claramente insuficiente, muy por debajo de la media europea y lejísimos de los objetivos europeos. Es necesario pues un esfuerzo en este aspecto. El problema está en cómo distribuir nuevas inversiones sin caer en el "café para todos", que aunque sería positivo, no llevaría a España a la primera línea de la investigación europea. Es por lo tanto conveniente invertir en ciertas líneas prioritarias. En investigación es fácil entrar en vanguardia: hay que invertir en las líneas de investigación novedosas, no en las líneas de investigación ya establecidas. En el área de la microscopía del campo cercano SPM, los temas de vanguardia donde se debe invertir son:

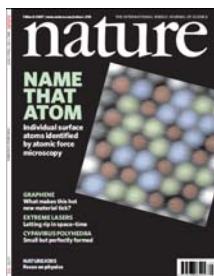
- El estudio de materiales orgánicos, materiales con interesantes aplicaciones en dispositivos.
- La microscopía de fuerzas en el modo no contacto, línea en la que hay importantes contribuciones españolas tanto experimentales como teóricas
- Detección de reacciones biológicas o químicas en micropalancas funcionalizadas (biosensores).
- Otras microscopías de campo cercano, como la microscopía de fuerzas magnéticas MFM o la microscopía de sonda Kelvin (*Kelvin Probe Microscopy*).

Los mismos argumentos son validos para justificar que la inversión no recaiga en grupos ya consolidados, en investigadores "senior", sino en grupos emergentes y jóvenes investigadores.

4. Publicaciones más relevantes en el área (año 2004-2007)

- Y. Sugimoto, P. Pou, M. Abe, P. Jelinek, R. Perez, S. Morita and O. Custance, Chemical identification of individual surface atoms by atomic force microscopy, *Nature* 446 (2007) 64-67.


Nota: aunque la parte experimental esta realizada en Japón, el trabajo está dirigido por un español, Oscar Custance, y la parte teórica esta realizada por los españoles Pablo Pou y Rubén Pérez. Este trabajo ha sido portada de la revista *Nature*.



Copyright Macmillan Publishers Ltd 2007.
Cover of the 2007, 1st of March issue of *Nature* devoted to the chemical identification of individual atoms by atomic force microscopy. Sugimoto et al. *Nature* 446, 64-67 (2007).

- D. Olea, S. Alexandre, P. Amo-Ochoa, A. Guijarro, F. de Jesús, J. Soler, P. de Pablo, F. Zamora, J. Gómez-Herrero, From coordination polymer macrocrystals to nanometric individual chains, *Advanced Materials* 14 (2005) 1761-1765.



- 
- E. Barrena, E. Palacios, C. Munuera, X. Torrelles, S. Ferrer, U. Jonas, M. Salmeron, and C. Ocal, The Role of Intermolecular and Molecule-Substrate Interactions in the Stability of Alkanethiol Nonsaturated Phases on Au(111), *Journal of American Chemical Society* 126 (2004) 385.
 - M. Tello, R. Garcia, J.A. Martín-Gago, N. Martinez, M. Martín-González, L. Aballe, A. Baranov, and L. Gregoratti, Bottom-up fabrication of carbon-rich silicon carbide nanowires by manipulation of nanometer-sized ethanol menisci, *Advanced Materials* 17 (2005) 1480-1483.
 - F. Calleja, M. Passeggi, J. Hinarejos, A. Vazquez, and R. Miranda, Real-space direct visualization of the layer-dependent roughening transition in nanometer-thick Pb films, *Physical Review Letters* 97 (2006) 186104.
 - C. Gomez-Navarro, P. De Pablo, J. Gomez-Herrero, B. Biel, F.J. Garcia-Vidal, A. Rubio, and F. Flores, Tuning the conductance of single-walled carbon nanotubes by ion irradiation in the Anderson localization regime, *Nature Materials* 4 (2005) 534-539.
 - O. Paz, I. Brihuega, J.M. Gomez-Rodriguez, and J.M. Soler. Tip and surface determination from experiments and simulations of scanning tunneling microscopy and spectroscopy, *Physical Review Letters* 94 (2005) 056103.
 - D. Garcia-Sanchez, A. San Paulo, M. Esplandiu, F. Perez-Murano, L. Forró, A. Aguasca, and A. Bachtold. Mechanical Detection of Carbon Nanotube Resonator Vibrations, *Physical Review Letters* 99 (2007) 085501.
 - J. Méndez, R. Caillard, G. Otero, N. Nicoara, and J. A. Martín-Gago, "Nanostructured organic materials: From molecular chains to organic nanodots", *Advanced Materials* 18 (2006) 2048-2052.
 - J. Repp, G. Meyer, F. Olsson, M. Persson, Controlling the Charge State of Individual Gold Adatoms, *Science* 305, 493 - 495 (2004).
 - A. Heinrich, J. Gupta, C. Lutz, D. Eigler, Single-Atom Spin-Flip Spectroscopy, *Science* 306, 466 – 469 (2004).
 - R. Temirov, S. Soubatch, A. Luican and F. Tautz, Free-electron-like dispersion in an organic monolayer film on a metal substrate, *Nature* 444, 350-353 (2006)
 - G. Karapetrov, J. Fedor, M. Iavarone, M. Marshall, Imaging of vortex states in mesoscopic superconductors, and R. Divan, *Appl. Phys. Lett.* 87, 162515 (2005).
 - J. Theobald, N. Oxtoby, M. Phillips, N. Champness and P. Beton, Controlling molecular deposition and layer structure with supramolecular surface assemblies, *Nature* 424 (2003) 1029-1031.
 - S. Stepanow, M. Lingenfelder, A. Dmitriev, H. Spillmann, E. Delvigne, N. Lin, X. Deng, C. Cai, J. Barth and K. Kern, Steering molecular organization and host-guest interactions using two-dimensional nanoporous coordination systems, *Nature Materials* 3 (2004) 229-233.
 - P. Piva, G. Dilabio, J. Petters, J. Zikowski, M. Rezeq, S. Dogel, W. Hofer and R. Wolkow, Field regulation of single-molecule conductivity by a charged surface atom, *Nature* 435, 658 (2005).
 - J.V. Barth, G. Costantini, and K. Kern, Engineering atomic and molecular nanostructures at surfaces, *Nature* 437, 671 (2005).
 - N. Weiss, T. Cren, M. Epple, S. Rusponi, G. Baudot, S. Rohart, A. Tejada, V. Repain, S. Rousset, P. Ohresser, F. Scheurer, P. Bencok and H. Brune, Uniform Magnetic Properties for an Ultrahigh-Density Lattice of Noninteracting Co Nanostructures, *Physical Review Letters*, 95 (2005) 157204.
 - D. Olea, S. Alexandre, P. Amo-Ochoa, A. Guijarro, F. de Jesús, J. Soler, P. de Pablo, F. Zamora, J. Gómez-Herrero, From coordination polymer macrocrystals to nanometric individual chains, *Advanced Materials* 14 (2005) 1761-1765.

- G. V. Nazin, X. H. Qiu, and W. Ho, Visualization and Spectroscopy of a Metal-Molecule-Metal Bridge, *Science* 302, 77-81 (2003).
- R. Schaub, E. Wahlström, A. Rønnau, E. Lægsgaard, I. Stensgaard, and F. Besenbacher, Oxygen-Mediated Diffusion of Oxygen Vacancies on the TiO₂(110) Surface, *Science* 299, (2003).
- C. Durkan and M. Welland. Electronic spin detection in molecules using scanning-tunneling- microscopy-assisted electron-spin resonance, *Applied Physics Letters* 80, 458–460 (2002).
- P. Zhang, A. Keleshian, and F. Sachs, Voltage-induced membrane movement, *Nature* 413, 428–432 (2001).
- C. Barth and C. Henry, Atomic Resolution Imaging of the (001) Surface of UHV Cleaved MgO by Dynamic Scanning Force Microscopy, *Phys. Rev. Lett.* 91, 196102 (2003).

5. Proyectos

España

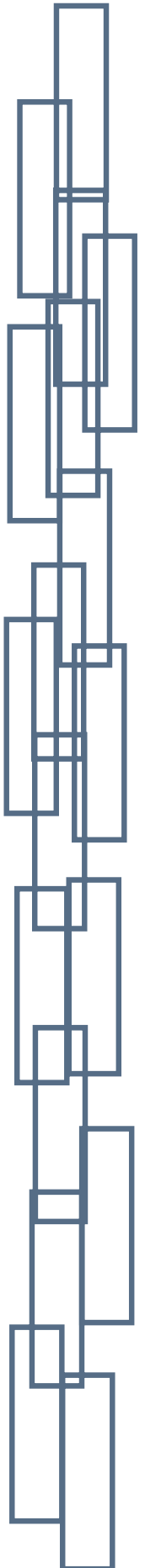
- Proyectos de la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología del Plan Nacional de I + D + i.

6. Infraestructura necesaria para cumplir objetivos (2008-2011)

- Fomentar las estructuras ya existentes:
 - Red NanoSpain: <http://www.nanospain.org>
 - Plataformas Tecnológicas
- Crear bases de datos (actualizar las existentes) de investigadores y empresas interesadas y cuales son sus necesidades. Divulgarlas, ponerlas a disposición de las personas o entidades que las requieran.
- Organizar encuentros ciencia-industria.
- Subvencionar líneas de investigación de vanguardia, grupos emergentes con ideas nuevas.

7. Grupos españoles más relevantes

- N. Agrait (AFM), UAM Madrid: http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/agrait
- A. Asenjo (MFM), ICMC-CSIC Madrid: <http://www.icmm.csic.es/asenjo>
- A. Baró (AFM), ICMC-CSIC Madrid
- J. Iribas-Cerdá (teoría), ICMC-CSIC Madrid: <http://www.icmm.csic.es/jcerda>
- J. Colchero (AFM), Universidad de Murcia
- M. T. Cuberes (AFM, UFM), UCLM Almadén: http://www.uclm.es/organos/vic_investigacion/gruposweb/nanotecnologia/index.htm
- J. Fraxedas (STM), ICMAB-CSIC Barcelona: <http://www.icmab.es/icmab>
- R. García (AFM), IMM-CSIC Madrid: <http://www.imm.cnm.csic.es/spm>
- J. Gómez-Herrero (AFM), UAM Madrid: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/fismateriac/especifica/NuevasMicroscopieswebpage>
- J. Gómez-Rodríguez (STM), UAM Madrid (ver anterior)



- L. Lechuga (AFM), Barcelona: <http://www.imm.cnm.csic.es/biosensores/people.htm>
- J. Méndez / J.A. Martín-Gago (STM), ICMM-CSIC Madrid: <http://www.icmm.csic.es/esisna>
- C. Ocal (AFM), ICMA-B-CSIC Barcelona: <http://www.icmab.es/icmab>
- E. Ortega (STM), País Vasco: <http://www.sc.ehu.es/waporcoj/ortega.html>
- J. Sáenz (teoría), UAM Madrid: <http://www.uam.es/gruposinv/MoLE>
- F. Sanz (AFM), UB Barcelona: <http://www.qf.ub.es/a2/staff/fsanz.html>
- A. Vázquez de Parga (STM) UAM Madrid: <http://lasuam.fmc.uam.es/lasuam>
- L. Vázquez (AFM), ICMM-CSIC Madrid
- F. Pérez-Murano (AFM), IMB-CNM Barcelona
- M. Luna (AFM), IMM-CNM Madrid
- D. Navajas (AFM), UB Barcelona
- R. Pérez / F. Flores (teoría), UAM Madrid: http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ruben
- J. M. Soler (teoría), UAM Madrid: http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jsoler

Españoles en el extranjero

- E. Barrena, Alemania: www.mf.mpg.de/en/abteilungen/dosch/secretary/staff/barrena.shtml
- O. Custance, Japón www.afm.eei.eng.osaka-u.ac.jp/oscar/Pages
- M. García, Francia
- N. Lorente, Francia (recientemente incorporado al ICMA-B, Barcelona): www.car8.ups-tlse.fr/lorente/lorenteEnglish.html
- J. I. Pascual, Alemania

Grupos europeos más relevantes

- F. Besenbacher, Aarhus University Dinamarca: <http://www.ifa.au.dk/camp>
- G. Meyer, IBM Suiza: <http://www.zurich.ibm.com>
- J. Winterlin, LMU Munich: <http://www.cup.uni-muenchen.de/pc/winterlin>
- H. Brune, EPFL Lausanne Suiza: <http://ipnwww.epfl.ch>
- K. Kern, MPI-Stuttgart: <http://www.mpi-stuttgart.mpg.de/kern>
- K. Rieder, Frei University Berlin: <http://www.physik.fu-berlin.de/~ag-rieder>
- Ch. Joachim (teoría), CNRS Francia: http://www.cemes.fr/r1_labo
- J. Frenken, AMOLF Holanda: <http://www.physics.leidenuniv.nl/sections/cm>
- H. Guntherodt, Basel University Suiza: <http://monet.physik.unibas.ch/gue>
- H. Neddermeyer, ML-University Halle Alemania: <http://www.physik.uni-halle.de/Fachgruppen/ep3>
- R. Berndt, Kiel Alemania: <http://www.ieap.uni-kiel.de/surface/ag-berndt>
- W. Schneider, Laussane Suiza: <http://ipn.epfl.ch/page38310.html>
- R. Wisendanger, Hamburgo: <http://www.nanoscience.de>
- P. Varga, Viena: <http://www.iap.tuwien.ac.at/www/surface>
- Voigtländer, Jülich Alemania: <http://www.fz-juelich.de/video/voigtlaender>
- P. Samori, CNR Bolonia y CNRS Estrasburgo: <http://www.isof.cnr.it/ppage/samori/paolo1.htm>
- J. Rabe, Berlin: <http://www.physik.hu-berlin.de/pmm>
- C. Dekker, Delft Holanda: <http://www.ceesdekker.net>
- P. Hinterdorfer, Linz Austria: <http://www.bphys.uni-linz.ac.at/bioph/res/afm>
- H. Gaub, Munich: <http://www.biophysik.physik.uni-muenchen.de>

- P. Unwin & J. Macpherson, Warwick UK: <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/chemistry/cim/research/electrochemistry>
- K. Morgenstern, Hannover: <http://www.fkp.uni-hannover.de/en>
- Ch. Gerber, Basel Suiza: <http://monet.physik.unibas.ch/nose/ChGerber>
- H. Fuchs, Münster Alemania: <http://www.uni-muenster.de/Physik.PI/Fuchs>

8. Iniciativas relevantes (Plataformas Tecnológicas, etc.)

España

- Nanospain: <http://www.nanospain.org>
- M4Nano (simulación): <http://www.m4nano.com>
- Red de Dispositivos Orgánicos: <http://www.elp.uji.es/reddisporg.htm>
- Madri+d: <http://www.madrimasd.org>
- Conferencias "Fuerzas y Túnel".
- Etc.

Europa

- Fundación Phantoms: <http://www.phantomsnet.net>
- Cordis: <http://cordis.europa.eu/es/home.html>
- E-Nano newsletters:
<http://www.phantomsnet.net/Foundation/newsletters.php>
- Etc.

9. Conclusiones

La producción científica española en el área de la microscopía de campo cercano SPM es algo inferior a la que le corresponde en cuanto a la situación económica (posición duodécima frente a la octava o novena [<http://web.worldbank.org>]). En inversión I+D estamos a la cola de Europa (1.2% del PIB frente a 1.8% de media en Europa). Se deben realizar inversiones en líneas de investigación estratégicas. Estas deben ser temas de vanguardia y las inversiones deben recaer en grupos emergentes y jóvenes investigadores con iniciativa y ambición.

Las posibles líneas estratégicas en el área del SPM pueden ser:

- Materiales Orgánicos.
- Microscopía de Fuerzas en modo no contacto.
- Biosensores, Nanobiotecnología.
- Nuevas microscopías de campo cercano.

Se deben realizar acciones para hacer confluir ciencia e industria. Para ello el Estado debe actuar de intermediario, realizando encuentros entre científicos y empresarios. Además, se deben potenciar las plataformas y estructuras existentes. Éstas deben recopilar y manejar la información necesaria (bases de datos de científicos y técnicas, necesidades de las empresas) y ponerla a disposición de quién la requiera.

