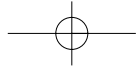


UN VISTAZO AL NANOMUNDO

PREMIOS E IMÁGENES FINALISTAS DEL
CONCURSO SPMAGE07

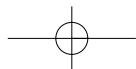
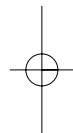
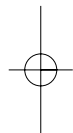


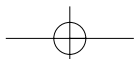
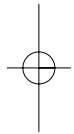
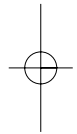
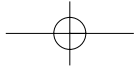
UN VISTAZO AL NANOMUNDO

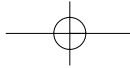
PREMIOS E IMÁGENES FINALISTAS DEL CONCURSO SPMAGE07

Exposición realizada en el marco de la
VI Muestra de Arte Electrónico de Móstoles (MAEM)

Del 6 al 16 de Noviembre de 2007
Aulario de la Universidad Rey Juan Carlos
Campus de Móstoles







UN VISTAZO AL NANOMUNDO

El verdadero punto de inflexión entre el sueño de la manipulación y visualización a escala atómica y la realidad de hoy en día, en la que la Nanociencia y la Nanotecnología forman uno de los paradigmas más poderosos de la investigación, fue la aparición de unas sencillas pero fascinantes herramientas que se denominan de forma conjunta Microscopios de Campo Cercano o de Proximidad (en inglés Scanning Probe Microscope, SPM). Dichas herramientas han revolucionado los métodos de trabajo en los laboratorios de investigación del mundo entero y en algunos casos ya se han incorporado al proceso de producción de algunas industrias avanzadas.

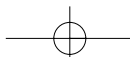
El concurso de imágenes del nanomundo SPMAGE07 ha sido un tributo a las aportaciones que estas “nanoherramientas” han proporcionado al desarrollo científico. La iniciativa ha sido recibida con gran entusiasmo por la comunidad científica, que ha enviado imágenes de gran calidad y belleza, cubriendo casi todos los tópicos de lo que llamamos Nanotecnología. En esta exposición se muestran las cinco imágenes premiadas por un Jurado Internacional junto con otras cuarenta y seis imágenes finalistas.

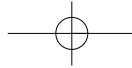
Este concurso de imágenes científicas es también una forma de acercar el nanomundo a la sociedad, para que se

sumerja en la fascinación que ejerce lo extremadamente pequeño y entienda el fenómeno científico como la acción intrépida de un grupo de personas, los científicos, que llevan al límite su curiosidad por el entorno que nos rodea y nosotros mismos. Detrás de cada imagen hay muchas horas de esfuerzo. Entre miles de datos, siempre queda un momento para descansar, reflexionar y encontrar belleza en las corrientes y voltajes que se dibujan ante nuestros ojos. No hay campo más cercano al arte que la misma ciencia.

Queremos agradecer a todos los participantes, a los miembros del Jurado, a los miembros de las Comisiones de preselección, y a las instituciones y empresas que han patrocinado el concurso y la exposición.

Dra. Agustina Asenjo Barahona, CSIC
Dr. Julio Gómez Herrero, UAM
Dr. José María Gómez Rodríguez, UAM
Dr. Pedro A. Serena Domingo, CSIC
D. Fernando Hernández Cuadra, UAM





EL INTERÉS POR LAS COSAS PEQUEÑAS

A lo largo del siglo XX el ser humano ha sido capaz de fabricar objetos y dispositivos cuyos componentes presentaban, año tras año, tamaños más y más diminutos. Esta tendencia ha sido más evidente en el ámbito de la electrónica, donde se ha cumplido la llamada Ley de Moore, que afirma que, cada 18 meses aproximadamente, el tamaño de los elementos

de los circuitos integrados se reduce a la mitad. La consecuencia de todo esto es que, sin percibirlo, hemos pasado de la Micro a la Nanotecnología, la ciencia que se encarga de entender cómo funcionan los objetos y sistemas que tienen tamaño nanométrico. Recordemos que un nanómetro (nm) es una longitud equivalente a la cien millonésima parte de un metro. Un nanometro es una longitud realmente pequeña, y equivale, por ejemplo, a la distancia en la que podríamos disponer 4 ó 5 átomos de forma contigua. El prefijo “nano” proviene del griego “nanos” (pequeño).

¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

Podemos definir la Nanotecnología como el conjunto de conocimientos, metodologías y herramientas que los humanos hemos adquirido y desarrollado para ser capaces de diseñar, sintetizar, y fabricar materiales, objetos y

Insectos: 0.1-5 cm (1 cm = 0.01 m = 10⁻² m)

Una célula: 10-20 micras (1 micra = 0.001 mm = 10⁻⁶ m)

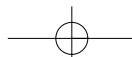
Tamaño típico de un virus: 20-1000 nm

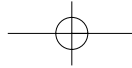
1 nanómetro = 1 nm = 0.000001 mm = 10⁻⁹ m = 0.001 micra

Longitud de una cadena de 6 átomos de Carbono: 1.15 nm

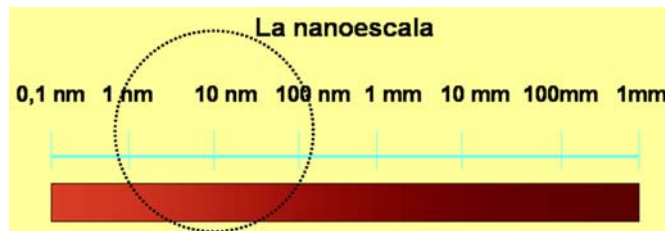


dispositivos de tamaño nanométrico o con precisión nanométrica. El interés por fabricar estos nanoobjetos o nanomateriales se debe a que los mismos pueden presentar propiedades mejoradas o totalmente nuevas debido a su tamaño pequeño. Por ejemplo, en el mundo de la electrónica más pequeño significa, por ejemplo, disponer de microchips más rápidos o poseer más capacidad de almacenamiento por centímetro cuadrado en un disco duro. En otras ocasiones un tamaño más pequeño implica que el sistema en cuestión se comporta de una manera que no tiene nada que ver con lo que le ocurriría si





tuviese tamaño macroscópico. El origen de este comportamiento diferente se debe a que la materia a escala nanométrica sigue las reglas de la Mecánica Cuántica.

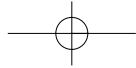


Se dice que trabajamos en la nanoescala cuando los tamaños típicos de los objetos que se estudian o fabrican son inferiores a 100 nm. En 1959, el físico estadounidense Richard Feynman (Premio Nobel de Física en 1965) impartió una conferencia con el título “Hay mucho sitio ahí abajo” en la que mostraba que la manipulación de átomos y moléculas era posible y no violaba ley física alguna. Sólo nuestra torpeza para movernos en la nanoescala sería la que nos limitase. Feynman también pronosticó el impacto que tendría la miniaturización sobre las capacidades de los ordenadores electrónicos y propuso algunas herramientas para trabajar en la nanoescala.

La nanotecnología es un tópico de investigación multidisciplinar, donde muchas disciplinas tradicionales (Biología, Química, Física, Ciencia de Materiales) convergen. Este carácter multidisciplinar hace que la investigación en

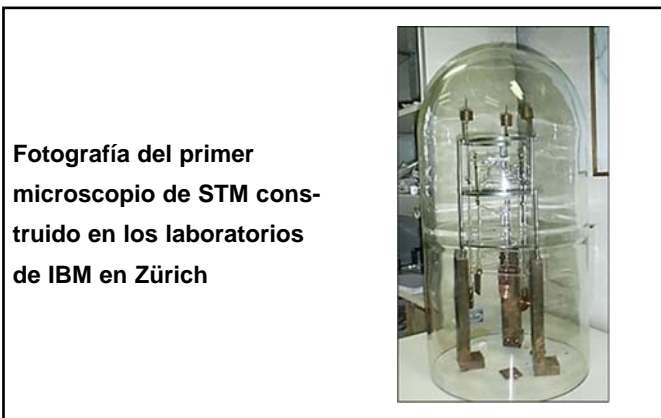
nanotecnología sea compleja, necesite de un mayor aprendizaje, y requiera un esfuerzo adicional por establecer contactos entre ámbitos científicos diferentes. Sin embargo, la Nanotecnología también propicia que las aplicaciones de la Nanotecnología sean múltiples, de carácter transversal. Se dice que la Nanotecnología es el pilar de la nueva revolución industrial del siglo XXI. El gran número de aplicaciones que la Nanotecnología nos va a ofrecer ha hecho que, desde hace una década, las inversiones de los gobiernos y empresas para fomentar este campo de investigación se hayan incrementado notablemente. En España, desde la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas, se están haciendo esfuerzos por no perder el tren de las Nanotecnologías.

Aunque la Nanotecnología está “en pañales” cada día que pasa es posible encontrar más productos que tienen algún componente de índole “nano”: sistemas de almacenamiento o de reproducción musical, chips de las videoconsolas y ordenadores personales, filtros de frigoríficos, cremas protectoras solares, cosméticos, vidrios que reflejan la luz ultravioleta, vidrios anti-vaho, componentes de alta resistencia mecánica para automóviles, tejidos anti-suciedad, palos de golf, cremas dentales, pinturas, adhesivos, etc. El progreso de la Nanotecnología es imparable.

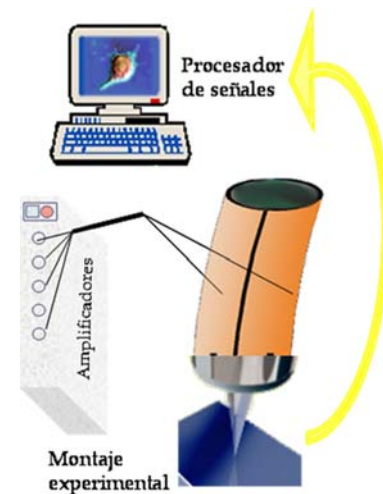


HERRAMIENTAS PARA LA NANOESCALA

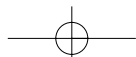
A principios de los años 80, dos investigadores del Laboratorio de IBM en Zürich (H. Rohrer y G. Binnig) diseñaron un equipo relativamente sencillo, con el cual podían observar las superficies de objetos con una resolución sin precedentes. ¡Incluso se podían ver los átomos que forman las superficies! Este equipo se llamó microscopio de efecto túnel y se le conoce por sus siglas en inglés STM (de “scanning tunneling microscopy”). Por este descubrimiento ambos investigadores recibieron el Premio Nobel de Física en 1986.

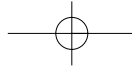


Un microscopio STM funciona gracias a una pequeña punta metálica que actúa como una sonda que se aproxima a la superficie que se desea observar. A una distancia pequeñísima (inferior al nanómetro) se establece una débil corriente eléctrica entre la punta y la muestra. Esta corriente, que se debe al llamado “efecto túnel” (¡un fenómeno cuántico!), varía muy rápidamente a medida que cambia la separación entre muestra y punta. Esta corriente nos permite conocer la topografía de la superficie y determinar las regiones planas, la presencia de escalones, hoyos, montículos e incluso ver átomos.



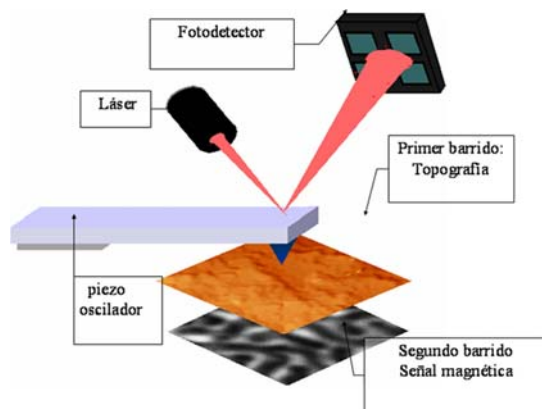
Esquema de funcionamiento de un STM





Uno de los secretos que hay detrás de un microscopio de efecto túnel es la posibilidad de mover una punta respecto de una superficie (acercándonos o alejándonos) o barriendo la misma con precisión inferior al nanómetro. Esto es posible gracias a materiales piezoeléctricos que son capaces de deformarse mediante la adecuada aplicación de un voltaje.

Gracias al nanocontrol han surgido una serie de herramientas que son capaces de observar lo que ocurre en una superficie de forma local y con precisión nanométrica. Todas estas herramientas se engloban bajo el nombre genérico de SPM (del inglés “scanning probe microscopy”).

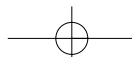


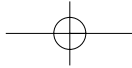
Esquema de funcionamiento de un AFM

Entre las diversas herramientas SPM quizás es el microscopio de fuerzas atómicas (AFM, de “atomic force microscopy”) el que ha tenido más éxito, encontrándose en cientos de laboratorios del mundo como una herramienta imprescindible de caracterización. El AFM detecta la fuerza (la interacción) entre una superficie y un punta que se encuentra al final de una micropalanca (“cantilever”). Cuando la palanca se acerca a la superficie aparecen fuerzas atractivas (de van der Waals) entre ambas y la palanca se dobla. Conociendo la distancia que dicha palanca se flexiona (usando un pequeño haz láser) y aplicando la ley de Hooke, podemos conocer el valor de la fuerza entre punta y muestra. Desplazando la palanquita sobre la superficie podemos hacer un mapa de fuerzas.

Como dato de interés hay que señalar que los microscopios AFM pueden operar en condiciones ambientales diversas (al aire, con diferente humedad, temperatura,...) lo que les hace muy versátiles. También pueden medir en líquidos y esto les abre aplicaciones en biología, donde pueden observar entes biológicos vivos.

Si la punta ubicada sobre la palanquita es magnética, entonces detecta señales magnéticas, como las originadas en un sistema de almacenamiento magnético, donde los bits (0,1) corresponden con orientaciones opuestas del momento magnético. Esta sonda SPM se denomina Microscopio de Fuerzas Magnéticas (MFM, de “magnetic force microscopy”).





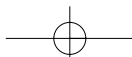
Un microscopio SPM “palpa” la superficie “leyendo” su topografía de la misma manera que los dedos de una persona pueden detectar los montículos que forman el alfabeto Braille. De la misma forma que una persona invidente debe imaginar qué es lo que palpa con sus dedos, los científicos deben reconstruir con un potente software los objetos a partir de las señales que detectan. En el ejercicio de reconstrucción es cuando las bellas imágenes surgen. Imágenes que para algunos son un gran hallazgo, un paso adelante en el saber, y para otros son una fuente de meditación e inspiración. En cualquier caso estas imágenes nos sirven para entender como está constituido y como funciona el minúsculo mundo que nos rodea.

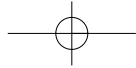
EL FUTURO

Seguramente las herramientas SPM serán protagonistas del desarrollo de la Nanotecnología en el presente siglo. Este impacto será similar al que tuvieron los microscopios electrónicos en el siglo XX. Sin embargo, las herramientas SPM no se limitarán a ser "los ojos" del nanomundo ya que también servirán para construir complejos nanomanipuladores que permitirán ensamblar nanoobjetos y nanodispositivos con propiedades a medida. Estas herramientas junto con otras técnicas propias de la Nanotecnología cambiarán los mecanismos de producción, las industrias, los bienes de consumo, los hábitos de la población, y, en suma, la sociedad.

Las imágenes finalistas del
concurso SPMAGE07 se pueden descargar en la exposición virtual

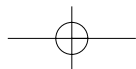
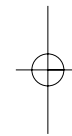
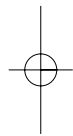
<http://www.icmm.csic.es/spmage07>

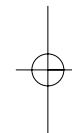
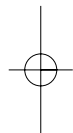
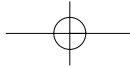




UN VISTAZO AL NANOMUNDO

PREMIOS E IMÁGENES FINALISTAS DEL CONCURSO SPMAGE07





¿COMO VER LA EXPOSICIÓN?:

Cada imagen detalla, en su parte inferior, el título, el autor, la institución y el país. También se muestra una breve descripción del sistema estudiado, la técnica SPM usada y el área de interés o aplicación de la investigación realizada.

TITULO DE LA IMAGEN

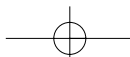
Autor

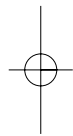
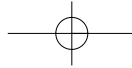
Institución (País)

Descripción de la imagen

TÉCNICA DE MICROSCOPIA USADA

ÁREA CIENTÍFICA DE INTERÉS



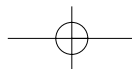
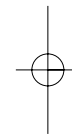
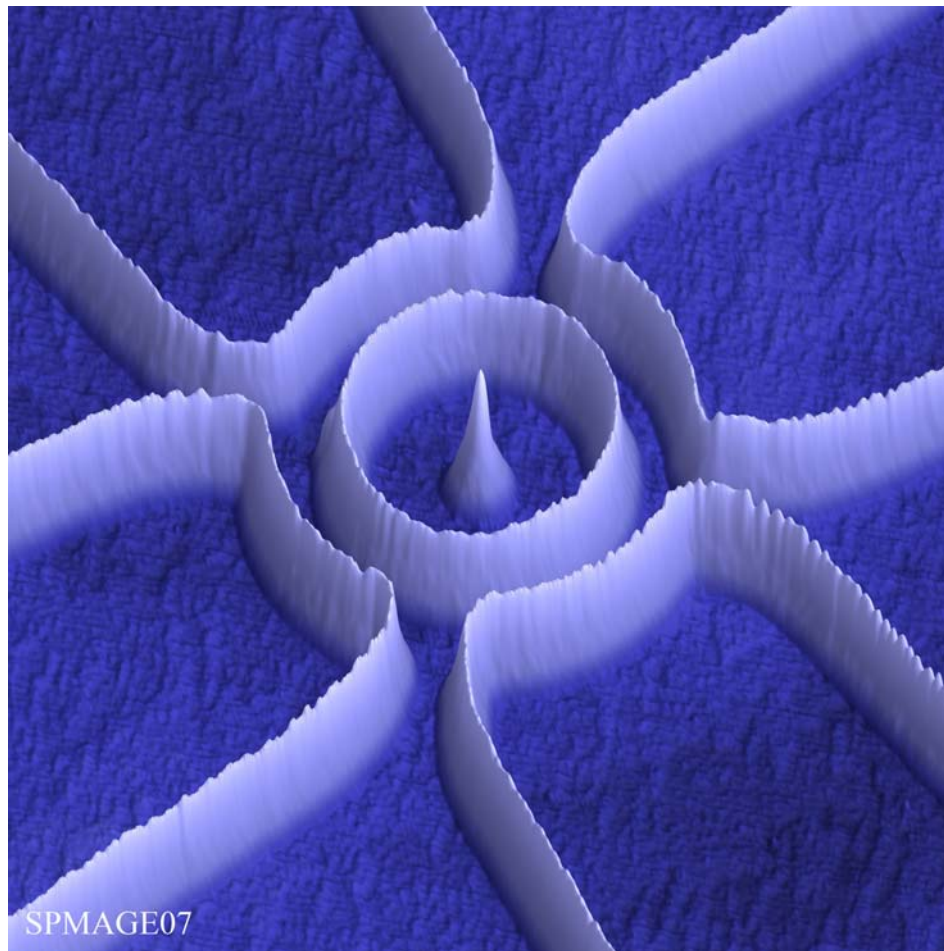


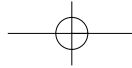
NANOANILLOS
Andreas Fuhrer
ETH Zürich (Suiza)

Imagen AFM de una estructura con forma anular de una micra de diámetro conectada mediante cuatro terminales. Todas las líneas (de una altura de 15 nm) se han "dibujado" sobre GaAlAs mediante la técnica litográfica de oxidación local usando la propia punta del microscopio de fuerzas atómicas. Este dispositivo permite observar interesantes efectos cuánticos en el transporte electrónico, abriendo la puerta a futuros dispositivos nanoelectrónicos.

AFM
NANOFABRICACIÓN, NANOELECTRÓNICA

Primer Premio





GLÓBULOS ROJOS HUMANOS TRAS TRATAMIENTO CON ANTIBIÓTICO

Luciano Paulino Silva

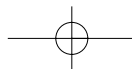
EMBRAPA Recursos Genéticos y Biotecnología (Brasil)

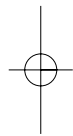
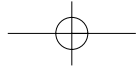
Imagen AFM de tres glóbulos rojos humanos depositados sobre vidrio después del tratamiento con filometilina (un péptido antibiótico extraído de la piel de la rana mono - *Phyllomedusa Hypochondrialis*). Las regiones amarillentas muestran como el antibiótico ha dañado la membrana celular produciendo discontinuidades en la misma. Esta imagen tiene un tamaño de $14.5 \mu\text{m}$ x $14.5 \mu\text{m}$. La altura de los glóbulos rojos es algo menor de $1 \mu\text{m}$.

AFM

NANOBIOLÓGÍA, NANOMEDICINA

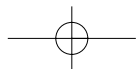
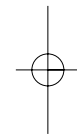
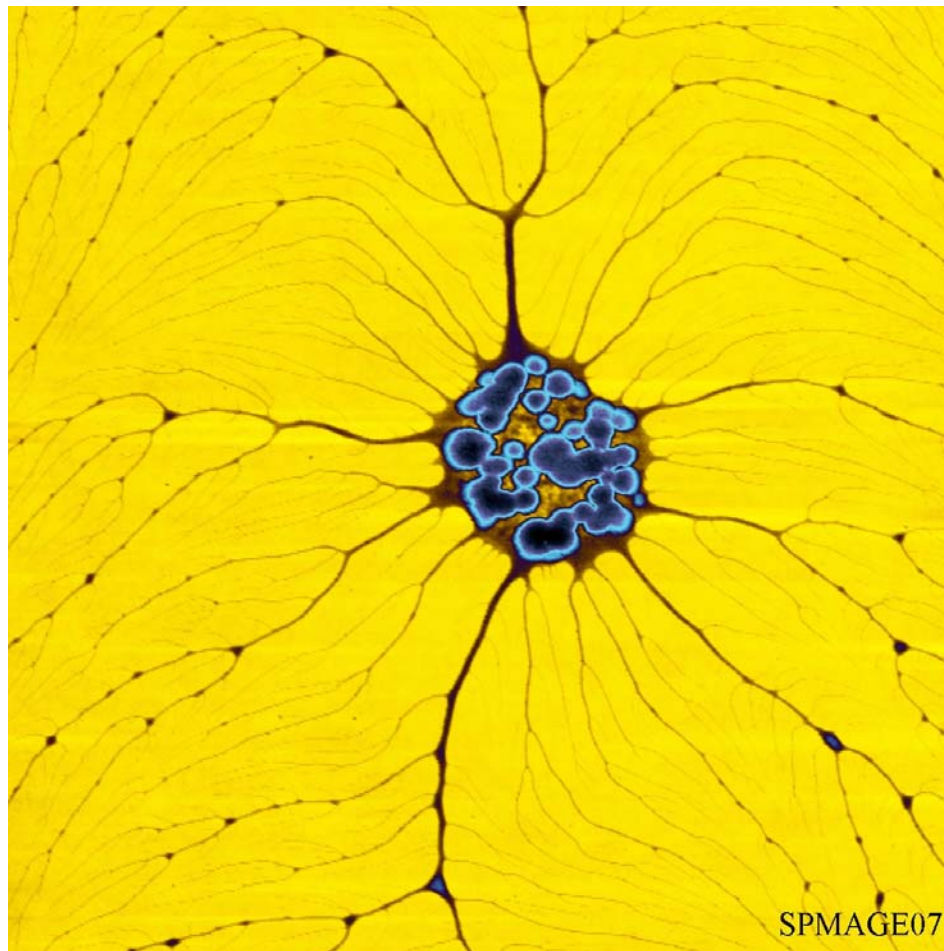
Segundo Premio

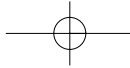


**RAÍZ**

Konstantin Demidenko
*Instituto Leibniz de Investigación en Polímeros
(Alemania)*

Parte de una red de moléculas de polielectrolito (PE) absorbidas sobre una superficie hidrofóbica. Aunque estas moléculas suelen formar estructuras alineadas, en algunas ocasiones se organizan siguiendo patrones de tipo dendrítico como el que se muestra en la imagen. Estas moléculas se pueden utilizar como plantillas para ensamblar estructuras basadas en polímeros conductores o metales con interés en nanoelectrónica.
AFM
NANOFABRICACIÓN, NANOQUÍMICA

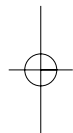
Tercer Premio

**“CIRCUITOS INTEGRADOS” DE TIMINA**

Cornelius Krull
Universidad Libre de Berlín (Alemania)

Esta imagen STM muestra hileras de dímeros de timina (nucleobase que se encuentra en el ácido desoxirribonucleico, ADN) formando patrones geométricos similares a los que se encuentran en las placas de los circuitos integrados. La timina, además de la estructura helicoidal del ADN, también puede formar otras estructuras sobre los sustratos adecuados (como sucede en este caso, en el que se emplea la superficie Ag/Si(111) R3xR3).

STM
NANOFABRICACIÓN, NANOBIOLOGÍA

Cuarto Premio**ANILLOS DE POLIPIRROL**

David Caballero
Laboratori de NanoBioEnginyeria de la Universitat de Barcelona (España)

Anillos de polipirrol (Ppy) de 2,5 micras de diámetro y 400 nm de altura obtenidos mediante técnicas de estampado. Dicho estampado se produce sobre superficies de oro previamente funcionalizadas. Sobre dichas superficies se define inicialmente un patrón de tioles usando la técnica de impresión por microcontacto en inmersión (SuCP). Es en estas áreas donde crece posteriormente el polipirrol mediante electropoli-merización. Este tipo de técnicas permitirá la fabricación de circuitos de grandes dimensiones pero fabricados con componentes nanométricos.

AFM
NANOFABRICACIÓN, NANOQUÍMICA,
NANOLITOGRAFÍA

MARGARITAS DEL NANOMUNDO

Carmen Munuera
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, ICMM - CSIC (España)

Imagen AFM que muestra una estructura de siliciuro de hierro con forma de margarita. Dicho motivo ha sido crecido usando la técnica de epitaxia por haces moleculares (MBE, del inglés “molecular beam epitaxy”) mediante la deposición de átomos de hierro sobre una superficie de silicio (sustrato que aparece representado con color verde).

AFM
NANOFABRICACIÓN

Quinto Premio**NANOCRISTALES ICOSAÉDRICOS EN UNA SUPERFICIE**

Fabien Sully
Universidad de Oxford (Reino Unido)

Imagen STM de diferentes nanocristales de plata que muestran un aspecto icosaédrico. La estructura icosaédrica, presenta simetrías pentagonales que no están permitidas en cristalografía clásica. En las imágenes se muestran distintos icosaedros apoyados sobre un sustrato. Los nanocristales aparecen con orientaciones diferentes según se apoyen sobre sus caras, aristas o vértices. En este último caso se manifiesta con gran belleza la simetría pentagonal.

STM
NANOPARTÍCULAS

UN TRANSPORTADOR MOLECULAR

Leo Gross
Laboratorios de IBM en Zurich (Suiza)

Imagen STM de 12 nm x 9 nm que muestra una molécula de hexa-tert-butil-hexafenilbenceno que ha sido manipulada mediante el uso de una punta de STM hasta atrapar dos átomos de cobre y formar un complejo molécula-metal. Esta molécula puede llegar a contener hasta 6 átomos de cobre, y permite almacenar, transportar y posteriormente liberar dichos átomos sobre una superficie. La imagen muestra también, en la parte inferior, algunos átomos de cobre aislados.

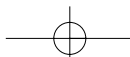
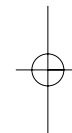
STM
NANOQUÍMICA, NANOMANIPULACIÓN

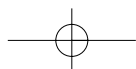
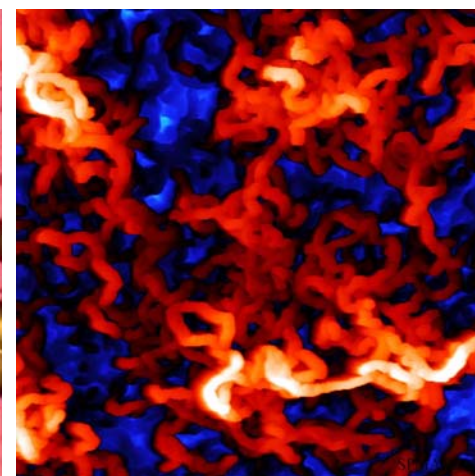
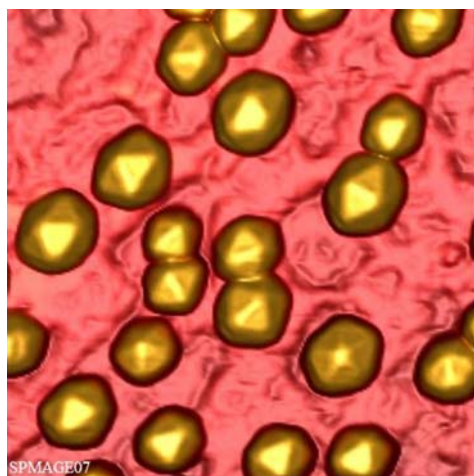
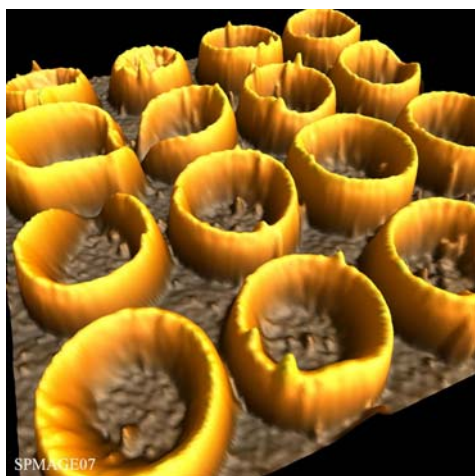
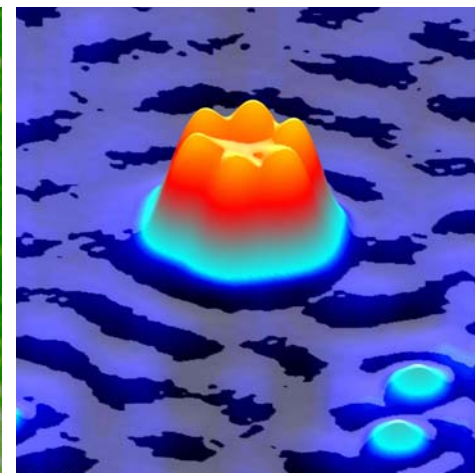
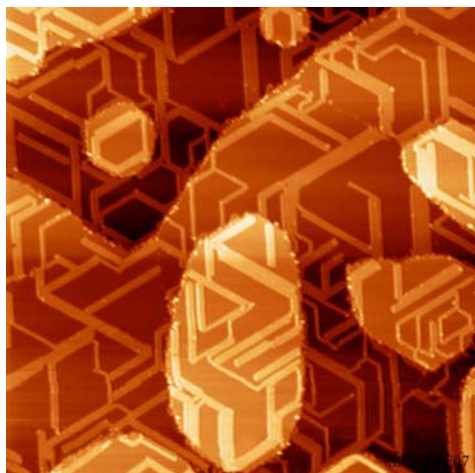
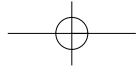
NANOHILOS

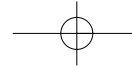
Oliver Bäumchen
Universidad Saarland (Alemania)

Imagen AFM de 2 µm x 2 µm que muestra una estructura de nanohilos de un material nanocomposite fabricado a partir de aluminio y óxido de aluminio. Dichos hilos han sido crecidos mediante deposición en fase vapor (PVD) y presentan un fuerte carácter hidrofóbico, como ocurre en el caso de las hojas del loto (*Nelumbo Nucifera*). Este carácter hidrofóbico permite su utilización como recubrimiento autolimpiable o antivaho.

AFM
NANOMATERIALES, NANOFABRICACIÓN







NANOCLUSTERS SOBRE UNA SUPERFICIE DE ORO

Jakob Kibsgaard
Universidad de Aarhus (Dinamarca)

Imagen STM con resolución atómica (7 nm x 7 nm) que muestra información detallada de dos nanoclusters (pequeños agrupamientos atómicos) triangulares de MoS₂ sobre una superficie Au(111). Estos nanoclusters han sido usados durante décadas en la industria petroquímica como catalizadores durante tratamientos hídricos del petróleo crudo. En particular sirven para eliminar impurezas como el azufre, disminuyendo así problemas medioambientales como la lluvia ácida.

STM
NANOPARTÍCULAS, NANOQUÍMICA

CADENAS DE ORO AUTOENSAMBLADAS SOBRE SILICIO

Corsin Battaglia
Universidad de Neuchâtel (Suiza)

Imagen STM que muestra la topografía de un conjunto de cadenas atómicas de oro crecidas ordenadamente sobre una superficie de silicio mediante técnicas de autoensamblado molecular, en un proceso de tipo "bottom-up" (de abajo hacia arriba). La separación entre dos cadenas adyacentes es de únicamente 1.5 nm. El autoensamblado de átomos y moléculas sobre superficies bien definidas proporcionará una ruta para construir de forma masiva nanodispositivos de interés en nanoelectrónica.

STM
NANOFABRICACIÓN, AUTOENSAMBLADO,
NANOELECTRÓNICA

ESCHERICHIA COLI CON "PILI" Y FLAGELOS

Ang Li
Universidad Nacional de Singapur (Singapur)

Imagen de una bacteria Escherichia Coli obtenida mediante AFM en modo "tapping" (contacto intermitente) y en ausencia de humedad. Se pueden observar nítidamente estructuras flagelares y los pili (en latín "cabellos"). El tamaño de la célula es de aproximadamente 1,9 micras de largo por 1 micra de ancho. Los pili y los flagelos tienen anchuras de 20 nm y 30 nm, respectivamente.

AFM
NANOBIOLÓGÍA

NANO-"GOFRE"

Javier Bareño
Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (Estados Unidos)

La imagen muestra una estructura obtenida mediante deposición de nitruro de silicio (SiN_x) sobre una superficie (001) de nitruro de titanio (TiN) de 23,6 nm x 20,4 nm. El nitruro de silicio depositado induce la aparición (reconstrucción) de una malla de nanohilos de 1 nm de ancho y 0,12 nm de altura, siguiendo orientaciones bien definidas. Estos materiales pueden llegar a poseer una dureza similar o superior a la del diamante, por lo que poseen gran interés para aplicaciones industriales.

STM
NANOMATERIALES, NANOFABRICACIÓN, NANOESTRUCTURAS

NANORED DE NITRURO DE BORO

Martina Corso
Donostia International Physics Centre - DIPC (España)

Imagen STM (10 nm x 10 nm) de una nanored hexagonal de nitruro de boro (h-BN) sobre una superficie (111) de rodio. Esta estructura ordenada tiene una periodicidad de 3,2 nm. Los poros tienen 2 nm de diámetro y son regiones donde dicha capa e-BN está unida fuertemente al sustrato (zonas de color anaranjado). Otras zonas de la capa e-BN no están enlazadas fuertemente al sustrato (representadas con tonos amarillos). Estas regiones aparecen por la descomposición sobre el rodio de una molécula precursora (boracina). Gracias a su estabilidad, esta estructura puede ser utilizada para llevar a cabo una adsorción selectiva de moléculas.

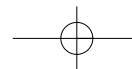
STM
NANOESTRUCTURAS, AUTOENSAMBLADO

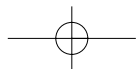
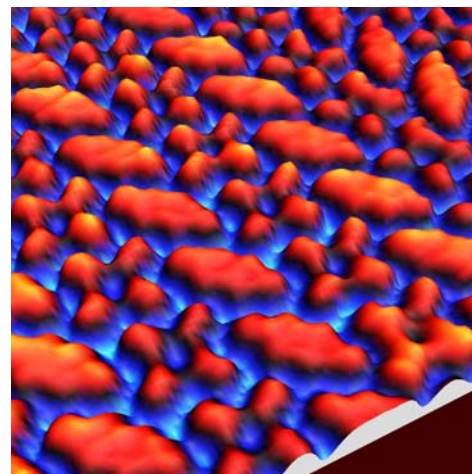
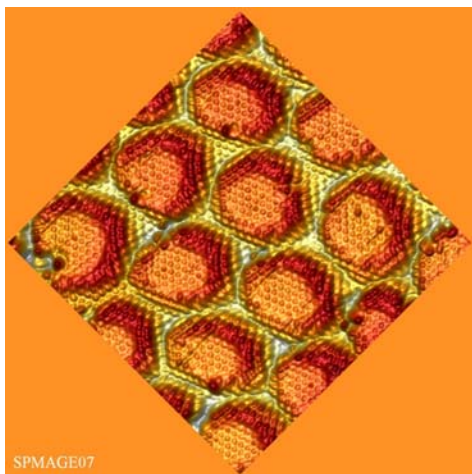
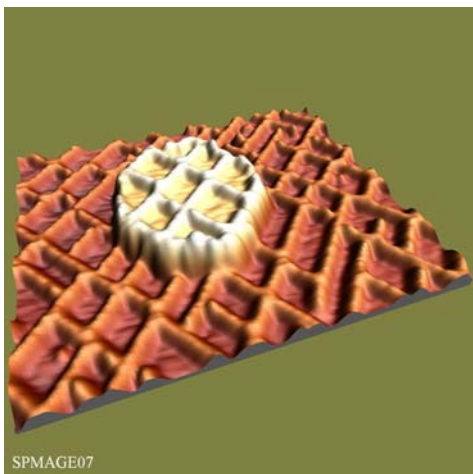
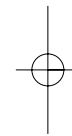
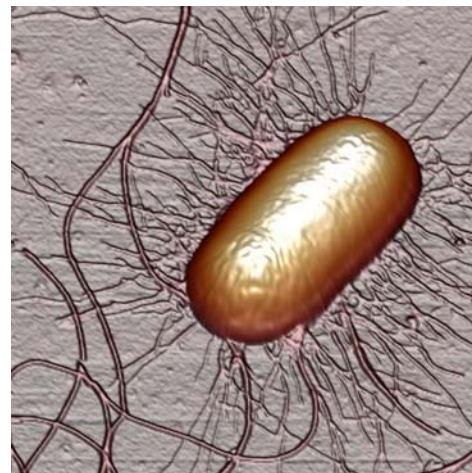
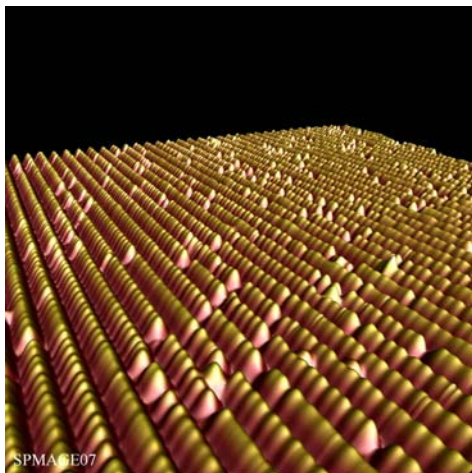
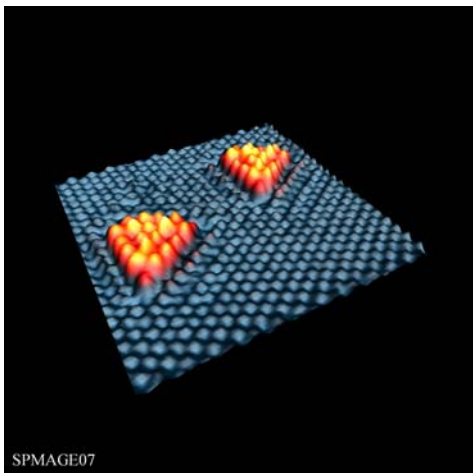
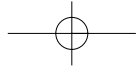
NANOCAPULLOS EN LA OSCURIDAD

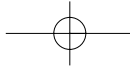
Dimas García de Oteyza
Instituto Max Planck de Investigación en Metales (Alemania)

La imagen STM muestra un área de 13 nm x 13 nm de una superficie (111) de oro tras la deposición simultánea en proporción 1:1 de dos tipos de moléculas con estructura plana: di-indeno-perileno (DIP) y ftalocianina de cobre (CuPc). Dicha deposición se ha logrado usando técnicas de epitaxia de haces moleculares (MBE). Las moléculas se ordenan en hileras alternantes de las dos especies moleculares siguiendo orientaciones bien definidas.

STM
NANOESTRUCTURAS, AUTOENSAMBLADO





**NANOESTRUCTURACIÓN DEL FLUORURO DE LITIO**

Henning Lebius
CIRIL/GANIL (Francia)

Imagen en modo "tapping" (contacto intermitente) de una superficie de 3 µm x 3 µm de un monocristal de fluoruro de litio (LiF) que fue irradiado con iones rápidos de Xe (con energía de 90 MeV) con un ángulo de incidencia de 90°. Las terrazas planas que están separadas por escalones de uno o varios átomos de altura se pueden ver fácilmente en la imagen. Los iones penetran en el cristal sin formar cráteres, dando lugar a pequeños montículos de pocos nanómetros de altura. Estas estructuras nos permiten estudiar la interacción de iones de alta energía con la materia.

AFM
NANOESTRUCTURAS, NANOFABRICACIÓN

CRÁTER EN ZAFIRO OBTENIDO MEDIANTE ABLACIÓN LASER

Scott MacLaren
Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (Estados Unidos)

Cráter producido en un sustrato de zafiro mediante el impacto de un pulso de un láser de femtosegundo. Los escalones de la superficie tienen 0,3 nm de altura.

AFM
NANOLITOGRAFÍA, NANOFABRICACIÓN

BUTTERFLOWER

Beatriz Pérez-García
Universidad de Murcia (España)

Esta imagen se ha obtenido combinando dos imágenes adquiridas mediante AFM. La imagen que representa la flor se ha obtenido fundiendo de manera controlada una nano-columna de óxido de zinc (ZnO) mediante la técnica c-SFS (del inglés "conducting scanning force spectroscopy"). La imagen que representa la mariposa es parte de una estructura laminar de poli-3-octiltiofeno (P3OT), un polímero conductor usado en la fabricación de células solares orgánicas. La mezcla de estas dos imágenes representa una confusa mariposa atraída por una flor.

AFM
NANOESTRUCTURAS, NANOELECTRÓNICA,
NANOFOTÓNICA

¡ECHANDO UN VISTAZO AL ESPACIO RECÍPROCO!

Miguel Moreno Ugeda
Universidad Autónoma de Madrid (España)

Esta imagen se ha obtenido de la combinación de dos imágenes diferentes. Por un lado nos muestra (en azul y amarillo) la fase 3x3 del sistema Sn/Ge(111) adquirida mediante STM a una temperatura de 80K. Aparece de forma superpuesta la imagen de la transformada rápida de Fourier (FFT) de la topografía superficial (picos afilados en color rojo y blanco). La transformada de Fourier permite identificar dos periodicidades diferentes, la (R3xR3)30° (pico rojos) y las 3x3 (picos blancos). Esta imagen ilustra la capacidad de las técnicas SPM para obtener información sobre las superficies.

STM
CIENCIA DE SUPERFICIES

PUESTA DE SOL EN UNA SABANA DE ARN

Elena López Elvira
Universidad de Murcia (España)

Imagen que representa una puesta de sol en una "sabana" de ácido ribonucleico (ARN) obtenida combinando dos imágenes AFM. La primera imagen ha sido obtenida mediante litografía de oxidación local sobre un sustrato de silicio y representa una jirafa aproximándose a un árbol mientras el sol se pone en un horizonte donde flotan algunas nubes. La segunda imagen representa tanto la vegetación como la piel de la jirafa y se corresponde con un conjunto de islas de ARN sobre grafito.

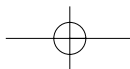
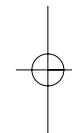
AFM
NANOLITOGRAFÍA, NANOFABRICACIÓN

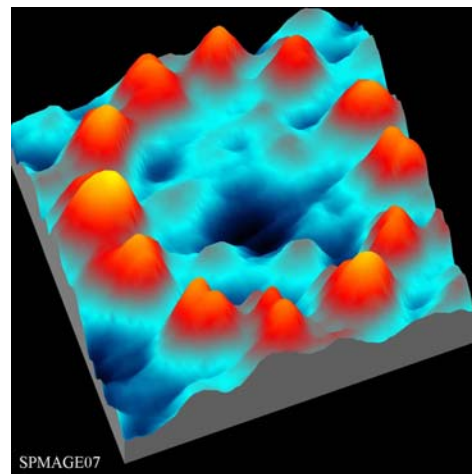
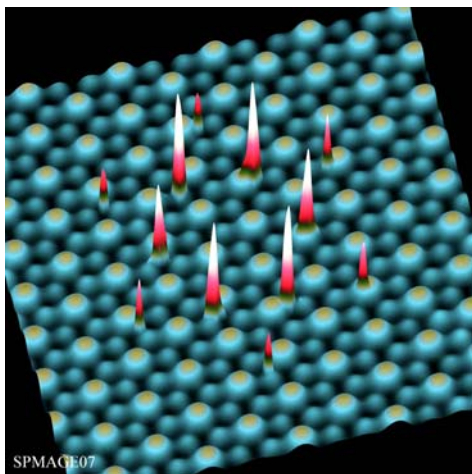
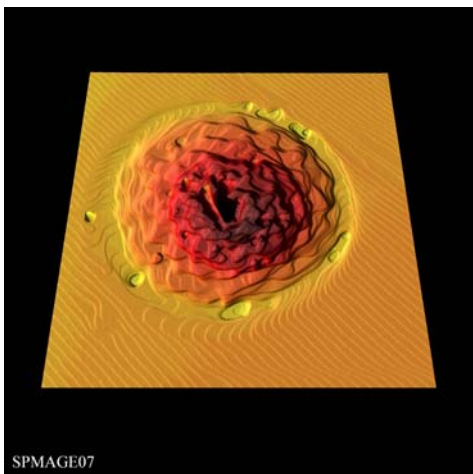
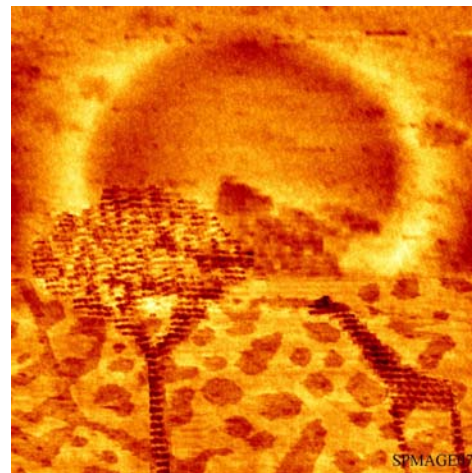
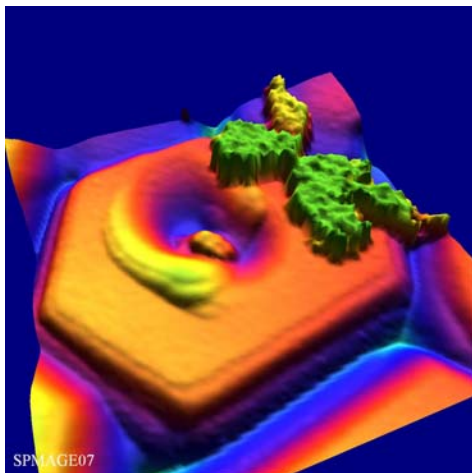
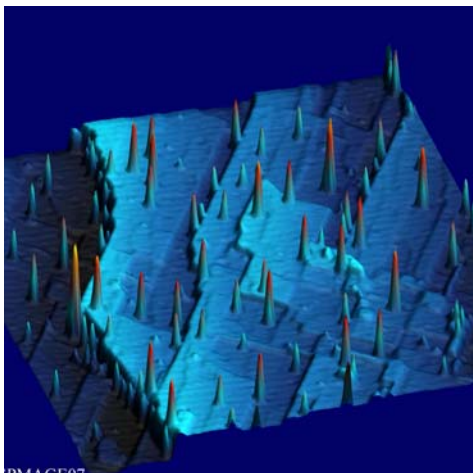
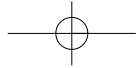
CÍRCULO DE ÁTOMOS DE BROMO SOBRE SILICIO

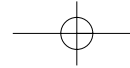
Seung Yun Yang
Universidad de Toronto (Canadá)

Doce átomos de bromo han sido "impresos" sobre una superficie (111)-(7x7) de silicio. Para obtener esta estructura se han adsorbido sobre dicho sustrato doce moléculas de metil-bromuro a 50K. Mediante iluminación de un láser ultravioleta (UV) estas moléculas se disocian dejando los átomos de bromo fuertemente ligados a la superficie de silicio formando un círculo que es estable hasta 250 °C.

STM
NANOFABRICACIÓN







ESTRUCTURAS MACROPOROSAS DE ADN

Yujie Ma
Universidad de Twente (Holanda)

La imagen muestra una arquitectura macroporosa formada por el autoensamblado de cadenas de ácido desoxirribonucleico (ADN) y poli-cationes de poli(ferrocenilsilano) (PFS). En este sistema, las cargas negativas de las cadenas de ADN se utilizan para estabilizar las unidades de PFS que están cargadas positivamente. En la figura, los poros mayores tienen tamaños de 300-350 nm. Este tipo de fabricación "bottom-up" permite diseñar estructuras macroporosas 3D que exhiben bio-compatibilidad (por la presencia de ADN) y fuerte actividad redox (por la presencia de PFS). Estos materiales tienen potencial aplicación como moldes de nuevos materiales y para liberación controlada de fármacos.

AFM
NANOFABRICACIÓN, NANOMEDICINA

NANOPALOMAS

Claudia Haensch
Universidad de Nanotecnología de Eindhoven (Holanda)

Imagen de fricción de una monocapa de exadecilo que ha sido estampado sobre una superficie de silicio mediante técnicas de electro-oxidación. Como plantilla se ha utilizado un motivo extraído de una obra de M.C Escher. Para lograr contraste en la fricción se aplica localmente un voltaje a una monocapa de alquilatos inicialmente depositada en silicio, transformando los grupos terminales metilo en grupos de tipo ácido carboxílico. Las herramientas SPM pueden caracterizar la fricción a escala local, lo que les confiere gran utilidad para el estudio de materiales de utilidad industrial.

AFM
NANOFABRICACIÓN, FRICCIÓN

NEVADA

Viatcheslav Gruzdev
Instituto Leibniz de Investigación en Polímeros (Alemania)

Imagen de una lámina de PGMA/PS donde se observa separación de fases entre poliestireno (PS) y poli(glicidilmetacrilato) (PGMA). La solución PGMA/PS fue depositada mediante "spincoating" (recubrimiento rotacional) sobre una oblea de silicio. Debido a que ambos polímeros son inmiscibles, la lámina de PGMA/PS sufre de forma espontánea una separación de fases apareciendo islas de PGMA rodeadas de una red de PS.

AFM
NANOESTRUCTURAS, NANOFABRICACIÓN

C60 ATRAPADO EN UNA RED NANOPOROSA

Meike Stöhr
Universidad de Basilea (Suiza)

La imagen obtenida por STM (13 nm x 13 nm) muestra dímeros y trímeros de moléculas de C60 atrapadas en una estructura porosa de tipo panal fabricada con un derivado del perileno (DPDI). La red se forma mediante deshidrogenación térmica de DPDI en una superficie (111) de cobre. La estructura regular presenta gran estabilidad térmica (por encima de los 300°C). Los agujeros hexagonales de dicha red proporcionan sitios donde depositar y fijar otras moléculas.

STM
NANOFABRICACIÓN, NANOESTRUCTURAS,
FULLERENOS

NANOTREBOL

Lorena Welte Hidalgo
Universidad Autónoma de Madrid (España)

La microscopía AFM se ha convertido en una herramienta muy eficiente para observar moléculas depositadas sobre superficies y los cambios posteriores inducidos por factores externos (mecánicos, ópticos, eléctricos, etc.). La imagen muestra fibras obtenidas tras el tratamiento con ultrasonidos de un cluster (pequeño aglomerado atómico) de bismuto de 2 nm de alto.

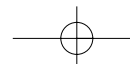
AFM
NANOESTRUCTURAS

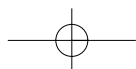
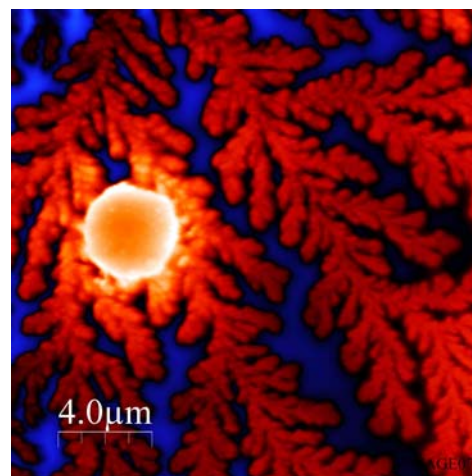
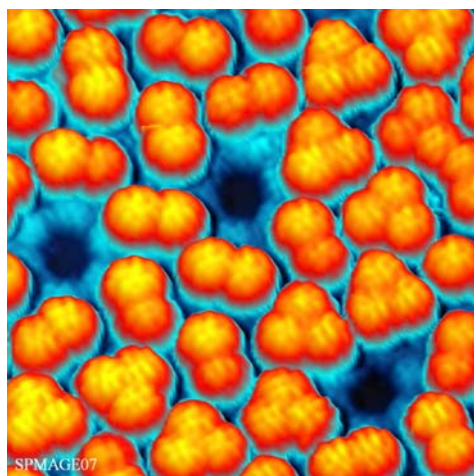
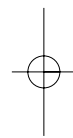
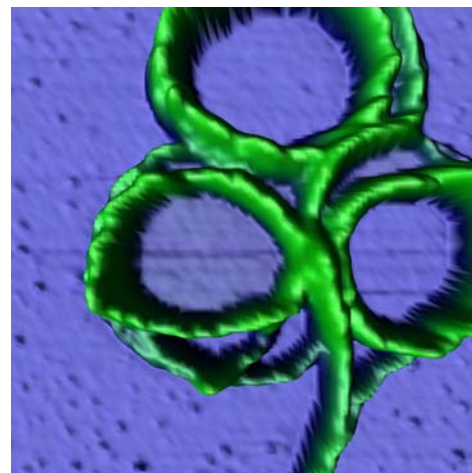
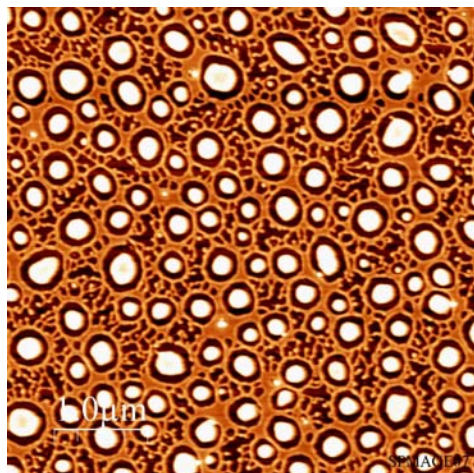
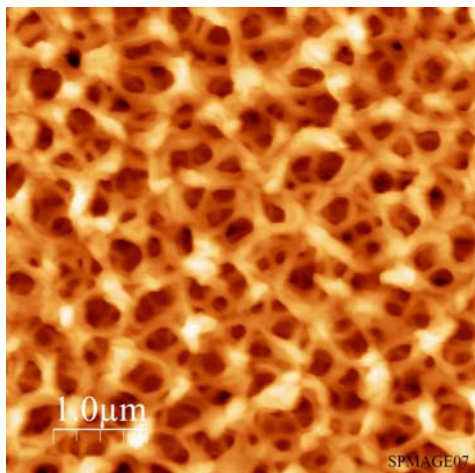
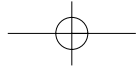
PUESTA DE SOL DE CARAMELO

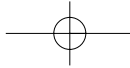
Oliver Hekele
Universidad Tecnológica de Viena (Austria)

Esta imagen adquirida mediante técnicas de AFM muestra un estructura hecha con azúcar. El objetivo inicial de la investigación era observar un virus de tipo bacteriófago que suele encontrarse en nutrientes que contienen azúcar. La muestra fue deshidratada durante unos pocos minutos permitiendo la cristalización del azúcar y la aparición de una estructura ramificada. El punto amarillento de la imagen corresponde a una estructura contaminante de origen desconocido.

AFM
NANOESTRUCTURAS, NANOBIOLOGÍA





**ERITROCITO BAJO TENSIÓN**

João Fernandes
Escola Superior de Biotecnologia (Portugal)

Estructura de un glóbulo rojo humano (eritrocito) tras ser incubado en una solución que contenía cito-oligosacáridos. La superficie de la célula está recubierta de cito-oligosacáridos y de grandes cantidades de clusters (agrupamientos de moléculas) no observados habitualmente, y con posible origen proteico (hemoglobina enlazada en la membrana celular). Alrededor de la célula aparecen varios cristales de sal mezclados con fragmentos de cito-oligosacárido.

AFM
 NANOBIOLOGÍA

LOCALIZACIÓN DE ORBITALES MOLECULARES CON UN STM

Daniel Wegner
Universidad de California - Berkeley (Estados Unidos)

Esta imagen de STM de 5 nm x 5 nm muestra el mapa espacial de los orbitales moleculares ocupados con mayor energía (HOMO) de moléculas de tetra-ciano-etileno (TCNE, C₂(CN)₄) depositadas sobre una superficie (100) de plata. La imagen fue obtenida a 7K. Las moléculas pueden mostrar dos orientaciones diferentes, reflejando la simetría cuadrada del sustrato. Se observan zonas nodales (de poca densidad electrónica) sobre los enlaces dobles carbono-carbono y sobre el triple enlace carbono-nitrógeno, indicando su carácter no enlazante. De esta y otras consideraciones teóricas se puede concluir que la molécula TCNE sobre Ag (100) está cargada negativamente.

STM
 NANOQUÍMICA, CIENCIA DE SUPERFICIES

ADN SUPERENROLLADO DE FORMA TOROIDAL

Jozef Adamcik
Escuela Politécnica Federal de Lausana - EPFL (Suiza)

Imagen AFM de la doble hélice de ácido desoxirribonucleico (ADN) super-enrollada en presencia de daunorubicina, una antraciclina ampliamente usada en el tratamiento contra el cáncer. Se pueden observar moléculas de ADN superenrolladas tanto formando estructuras toroidales como plectonémicas (en las que una molécula se enrolla alrededor de otra).

AFM
 NANOBIOLOGÍA

FANTASÍA

Rodrigo González Prieto
Universidad Autónoma de Madrid (España)

Los polímeros MMX son un tipo de polímeros de coordinación formados por subunidades dimetálicas enlazadas mediante haluros (Cl, Br, o I). Este tipo de compuestos es muy atractivo debido a sus propiedades físico-químicas (magnetismo, conducción eléctrica, etc). En el caso que aquí se muestra, los especímenes de MMX fueron depositados sobre una superficie de grafito pirolítico altamente orientado (HPOG). En la imagen se muestra como las cadenas de polímero se superponen dando lugar a una topografía bastante peculiar.

AFM
 NANOPOLÍMEROS, NANOMATERIALES

NANOREDES DE CARBONO

David Martínez
Universidad Autónoma de Madrid (España)

Esta imagen AFM de 1 μm x 1 μm muestra cinco nanotubos de carbono de una sola pared (SWCNT, "single walled carbon nanotubes") (color rojo) que se cruzan entre sí. Los nanotubos de carbono fueron depositados sobre una superficie de óxido de silicio (en color azul). Los datos fueron tomados en condiciones normales de laboratorio usando microscopía de fuerzas en modo dinámico.

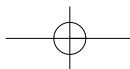
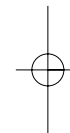
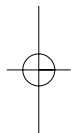
AFM
 NANOTUBOS DE CARBONO, NANOFABRICACIÓN, NANO ELECTRÓNICA

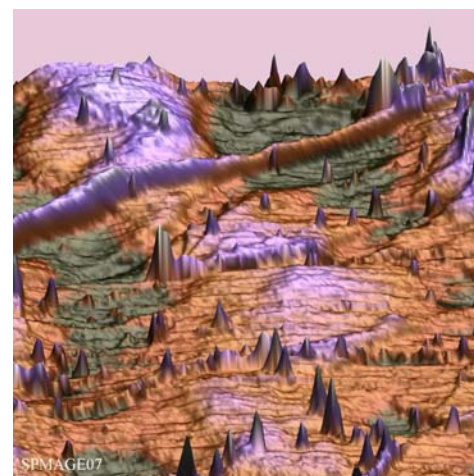
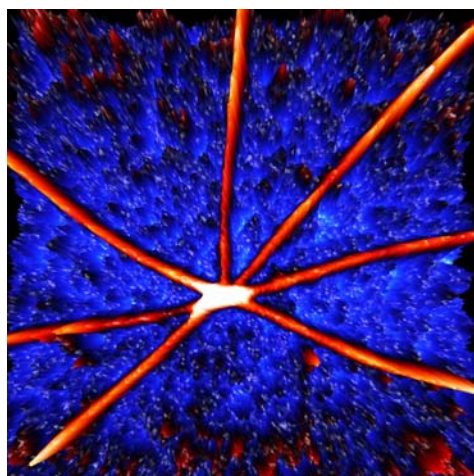
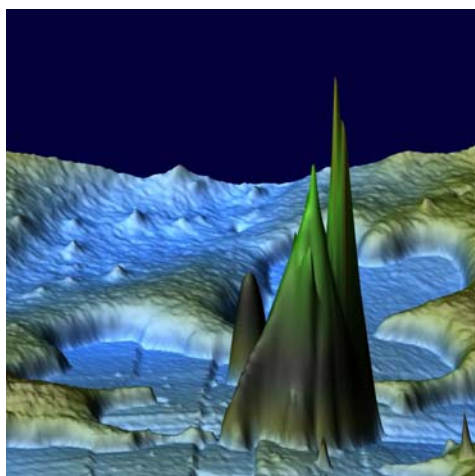
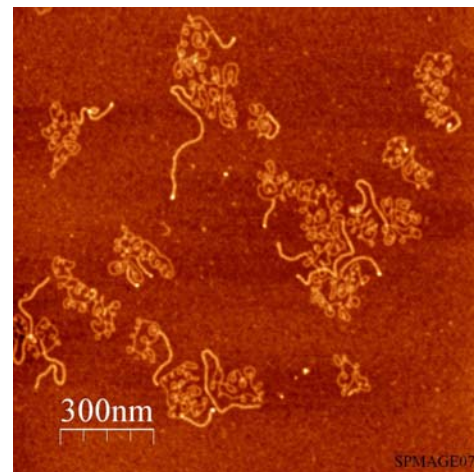
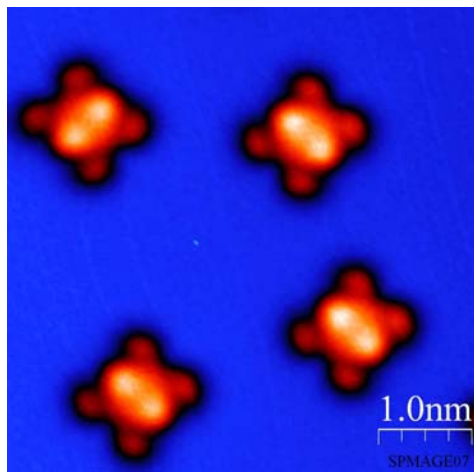
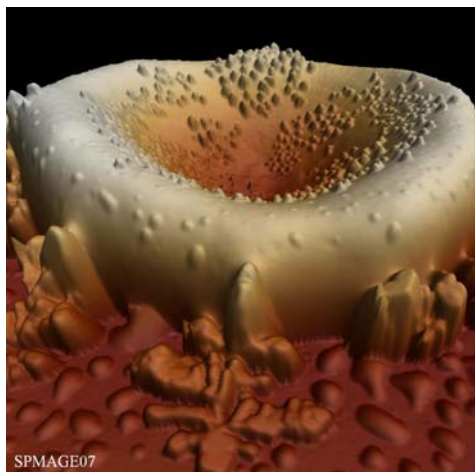
CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE NANOTUBOS DE CARBONO

Miguel Ángel Fernández Vindel
Universidad Autónoma de Madrid (España)

Imagen que muestra un paisaje de nanotubos de carbono de una sola pared (SWCNT) depositados sobre silicio mediante la técnica de deposición química en fase vapor (CVD). Estos nanotubos pueden ser nanomanipulados y transportados a otra superficie (como, por ejemplo, grafito del tipo HOPG) sin sufrir cambios apreciables en sus propiedades.

AFM
 NANOTUBOS DE CARBONO, NANOMANIPULACIÓN





**REDES DE NANOPARTÍCULAS DE ORO AUTOENSAMBLADAS SOBRE DE SILICIO**

Adam Sweetman

Universidad de Nottingham (Reino Unido)

La imagen muestra una malla de nanopartículas de oro recubiertas de tioles sobre una superficie de silicio. Mediante técnicas de litografía se pueden determinar las regiones en las que donde más o menos partículas de oro se depositan sobre la superficie (una región triangular en este caso), dando lugar a diferentes tamaños de las oquedades que aparecen en la red.

AFM
NANOPARTÍCULAS, AUTOENSAMBLADO,
NANOLITOGRAFÍA

REDES MULTIESCALA DE NANOPARTICULAS DE ORO SOBRE SILICIO

Mathew Blunt

Universidad de Nottingham (Reino Unido)

La imagen muestra una malla de nanopartículas de oro cuya superficie se ha recubierto con moléculas de tioles. La malla se ha formado sobre una superficie de silicio recubierta de hidrógeno. Las redes formadas presentan muchas escalas, mostrando similitud con otras estructuras que se dan en la naturaleza.

AFM
NANOPARTÍCULAS, AUTOENSAMBLADO,
NANOLITOGRAFÍA

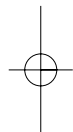
AUTOENSAMBLADO COLOIDAL DE DOS COMPONENTES

Saju Pillai

Universidad de Aarhus (Dinamarca)

Imagen tridimensional de AFM de la topografía de un patrón formado por un sistema coloidal de dos componentes: nanopartículas de poliestireno (PS) de 60 nm y 350 nm (con una relación de concentraciones 50:1). La superficie utilizada es un cobre-muestras de vidrio modificado con octadecil triclorosilano (OTS) que le confiere al sustrato un carácter hidrofóbico.

AFM
NANOPARTÍCULAS, AUTOENSAMBLADO

**FLORES MAGNÉTICAS**

Marina Temiryazeva

Instituto de Radioingeniería y Electrónica (Rusia)

Imagen MFM de una película de granate de itrio hierro (YIG) mostrando suaves variaciones de los parámetros magnéticos a lo largo del espesor de la película. Las estructuras observadas se asocian con distorsiones de los dominios magnéticos originadas por la presencia de la superficie. Estos materiales son muy interesantes para desarrollar una nueva tecnología de procesado de señales en el rango de las microondas.

MFM
NANOMAGNETISMO

ALGAS MAGNÉTICAS

Alexei Temiryazev

Instituto de Radioingeniería y Electrónica (Rusia)

Imagen MFM de una película de granate de itrio hierro (YIG) mostrando suaves variaciones de los parámetros magnéticos a lo largo del espesor de la película. Las estructuras observadas se asocian con distorsiones de los dominios magnéticos originadas por la presencia de la superficie. Estos materiales son muy interesantes para desarrollar una nueva tecnología de procesado de señales en el rango de las microondas.

MFM
NANOMAGNETISMO

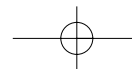
FLUJO DE INFORMACIÓN

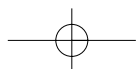
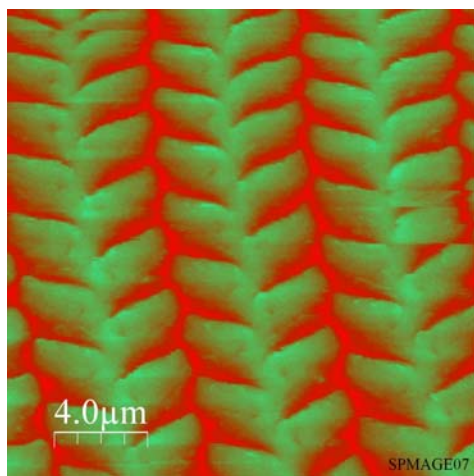
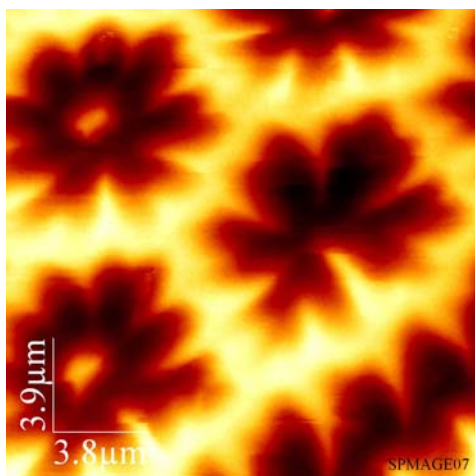
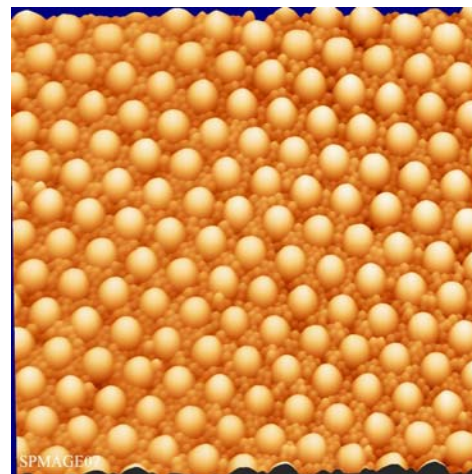
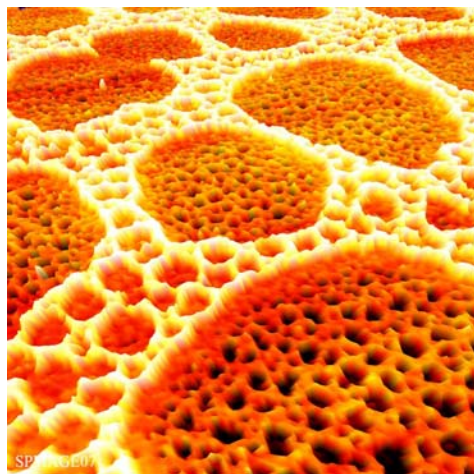
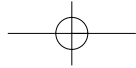
Hans U. Danzebrink

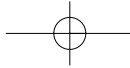
Instituto Nacional de Técnicas Físicas - PTB (Alemania)

Imagen AFM (15 µm x 15 µm) mostrando la topografía de dos pistas de un circuito integrado.

AFM
NANOELECTRÓNICA, METROLOGÍA





**EMISIÓN DE CARGA DESDE UN NANOTUBO DE CARBONO**

Mariusz Zdrojek

Universidad de Tecnología de Varsovia (Polonia)

Imagen obtenida usando Microscopía de Fuerzas Electroestáticas (EFM) de un nanotubo de carbono de 18 nm de diámetro tras un experimento de inyección de electrones. Dicho nanotubo de carbono está formado por múltiples capas (MWCNT, "multiple wall carbon nanotube"). El halo brillante que se observa en el extremo del nanotubo se debe a la emisión de cargas desde la terminación del nanotubo. La región ya descargada del nanotubo aparece como una región oscura.

OTRAS

NANOTUBOS DE CARBONO, NANOELÉTRICA

CARAMELO

Nora González Lakunza

Universidad del País Vasco (España)

Imagen que muestra la densidad electrónica de una molécula de benzodiguanamina (BDG) adsorbida sobre una superficie (111) de oro. Dicha densidad fue calculada teóricamente usando la Teoría de Funcionales de la Densidad (DFT). La imagen teórica STM muestra una estructura característica en forma de caramelo similar a la observada en los experimentos.

SIMULACIÓN

TEORÍA, CIENCIA DE SUPERFICIES

FULLERENO

Jens Hauschild

Universidad Libre de Berlín (Alemania)

Imagen de AFM que muestra un dibujo de un fullereno realizado sobre silicio mediante técnicas de oxidación local anódica.

AFM

NANOFABRICACIÓN, LITOGRAFÍA

MONTAÑAS DE COLÁGENO

Claudio Canale

Universidad de Génova (Italia)

Imagen topográfica obtenida mediante AFM de fibrillas amiloides de β 2-microglobulina que emergen de una fibra de colágeno. El material fue obtenido de la cabeza del fémur de un paciente de diálisis afectado por amiloidosis. La amiloidosis es una enfermedad en la que la amiloide, una proteína que normalmente no está presente en el cuerpo, se acumula en varios tejidos.

AFM

NANOBIOTECNOLOGÍA, NANOMEDICINA

BOSQUE CUÁNTICO

Thorsten Dziomba

Instituto Nacional de Técnicas Físicas - PTB (Alemania)

Esta imagen muestra una distribución de puntos cuánticos de silicio de germanio (GeSi) crecidos sobre un sustrato de silicio. El diámetro típico de cada punto cuántico es de aproximadamente 70 nm, mientras que su altura es de unos 15 nm.

AFM

NANOFABRICACIÓN, NANOELÉTRICA

MOLÉCULA DEPOSITADA SOBRE UNA MONOCAPA AUTOENSAMBLADA

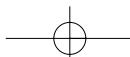
Ralf Thomas Weitz

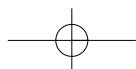
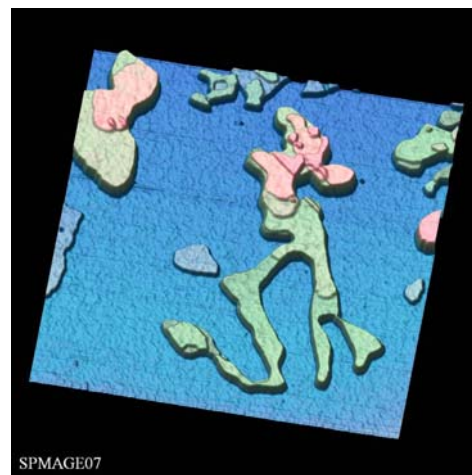
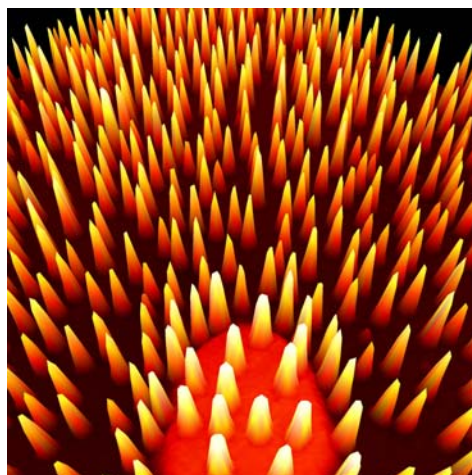
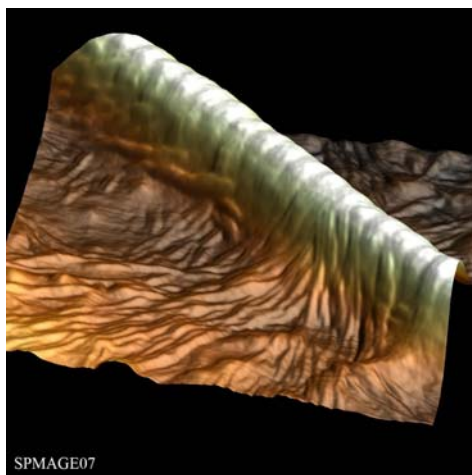
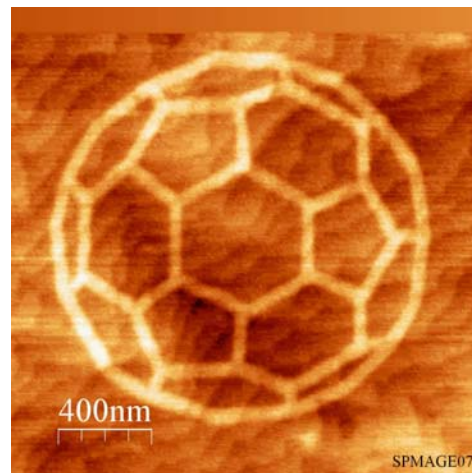
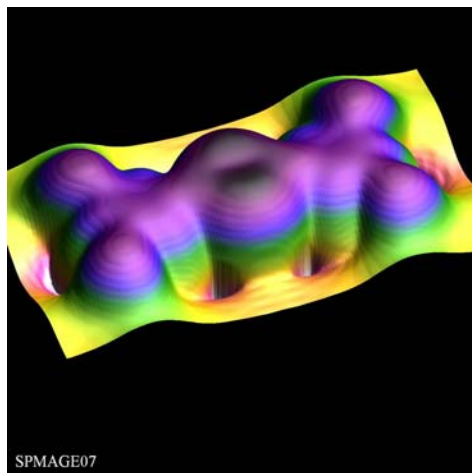
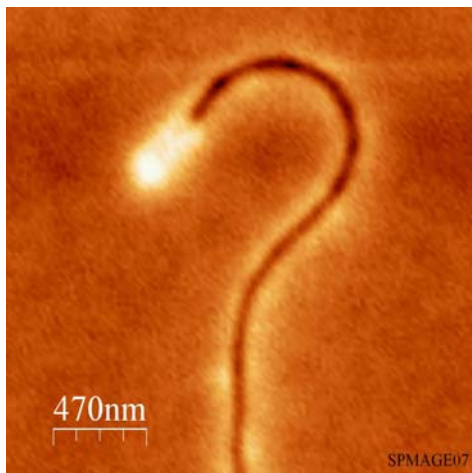
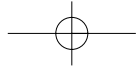
Instituto Max Planck de Investigación en Estado Sólido (Alemania)

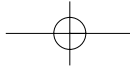
Esta imagen muestra islas de moléculas orgánicas (diimidias carboxílicas) que se utilizan para fabricar transistores de capa delgada de material orgánico. Dichos transistores están basados en efecto campo multicanal. La molécula usada es una diimida que posee un extremo funcionalizado. Las moléculas son depositadas en vacío sobre un sustrato previamente funcionalizado que se mantuvo a 140 °C durante el proceso de deposición, de forma que las moléculas tienen gran movilidad y forman islas. Los escalones moleculares que se disciernen en la imagen tienen unos 2 nm de altura.

AFM

AUTOENSAMBLADO, NANOFABRICACIÓN, NANOELÉTRICA





**SUEÑOS ELECTRÓNICOS MICROBIANOS**

Abraham Esteve
*Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial - INTA
 (Madrid)*

Imagen AFM de 6 μm x 6 μm obtenida en modo "tapping" de una bacteria *Geobacter Sulfurreducens* ubicada sobre una superficie de grafito. El género *Geobacter* está formado por especies que poseen respiración bacteriana anaeróbica y que son capaces de oxidar compuestos orgánicos y metales, usando óxido de hierro u otros metales de su entorno como aceptores de electrones. En combinación con los electrodos de grafito, las bacterias *Geobacter* podrían actuar como una batería natural.

AFM
 NANOBIOLOGÍA, NANOLECTÓNICA, ENERGÍA

CIANOBACTERIA

Simon Connell
Universidad de Leeds (Reino Unido)

Imagen de una cianobacteria, la *Anabaena Flos-Aquae*, depositada sobre una placa de vidrio. La imagen tiene un tamaño de 15 μm x 15 μm y una escala vertical (eje z) de 2 μm . La imagen combina tanto los datos de topografía como los de fase, demostrando la versatilidad de la técnica AFM.

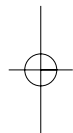
AFM
 NANOBIOLOGÍA

FUNCIONES DE ONDA DE ACEPTORES EN ARSENIURO DE GALIO

Jean-Christophe Girard
CNRS (Francia)

Esta imagen STM muestra una superficie (110) de arseniuro de galio (GaAs) crecida mediante técnicas de epitaxia de haces moleculares (MBE). La imagen se ha obtenido en condiciones de ultra-alto vacío (UHV) a una temperatura de 77K. La estructura triangular corresponde a la presencia de berilio mientras que la estructura con forma de "pajarita" está asociada al manganeso. Ambos elementos se usan como dopantes y confieren al material interesantes propiedades como semiconductor magnético.

STM
 NANOMAGNETISMO, NANOLECTRÓNICA

**UNA PLAYA EN LA NANOESCALA**

Iñaki Silanes
Donostia International Physics Centre - DIPC (España)

Imagen que muestra una monocapa autoensamblada de moléculas de benzodiguanamina (BDG) (región superior) al borde de una terraza de la superficie (111) del oro (región inferior azulada). Las arenas de BDG son bañadas por el sol, mientras que el mar azul ondulado nos invita a nadar.

STM
 AUTOENSAMBLADO, CIENCIA DE SUPERFICIES

DENDRITAS AUTOENSAMBLADAS DE ÓXIDO DE POLIETILENO

Graziano Magnano
Universidad de Nottingham (Reino Unido)

Esta imagen AFM muestra una cadena larga de óxido de polietileno (PEO) directamente depositada sobre un sustrato de silicio usando la técnica de ionización mediante "electrospray" en condiciones de alto vacío. La cadena de PEO forma estructuras dendríticas similares a las que forma en invierno la escarcha sobre las ventanas. Esta imagen sirve para ilustrar las ventajas de la técnica de electrospray para depositar moléculas en superficies.

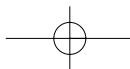
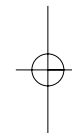
AFM
 NANOFABRICACIÓN

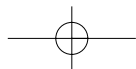
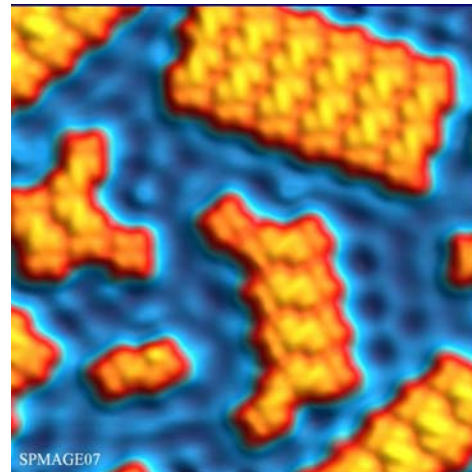
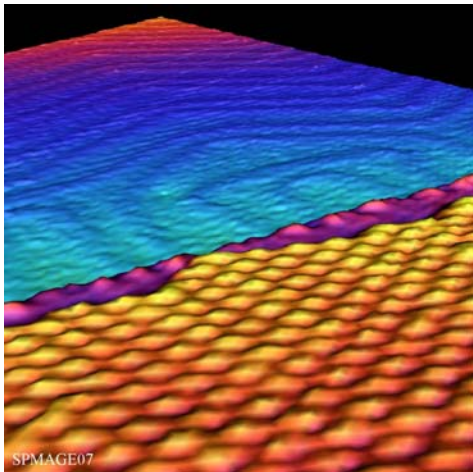
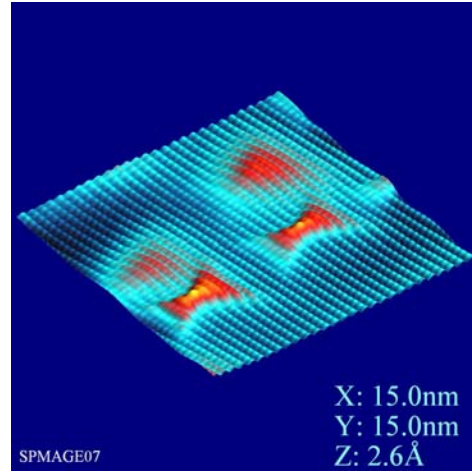
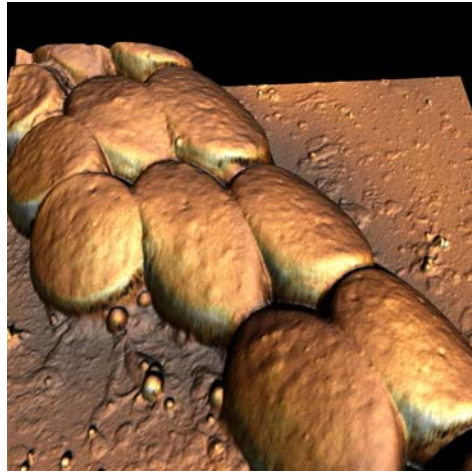
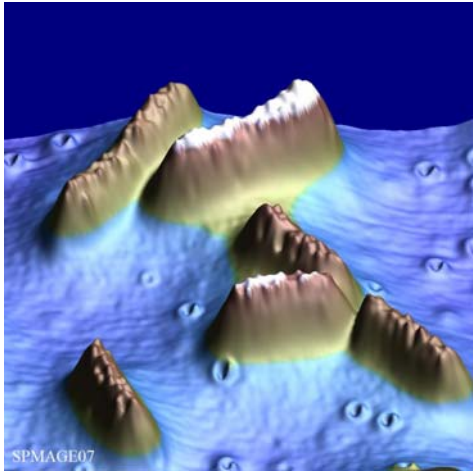
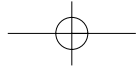
ISLAS DE MOLÉCULAS DE PORFIRINA SOBRE UN MAR DE ELECTRONES

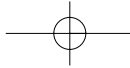
Willi Auwärter
Universidad Técnica de Munich - TUM (Alemania)

Esta imagen STM muestra islas creadas a partir de moléculas autoensambladas de porfirina. La gran resolución alcanzada permite identificar incluso los grupos terminales (cuatro protuberancias) de estas moléculas funcionales. Además, la interacción de estas islas moleculares con la superficie da lugar a un patrón de interferencia de carácter ondulatorio originado por los electrones ligados a la superficie. Nuevamente estamos ante la visualización de un efecto puramente cuántico.

STM
 AUTOENSAMBLADO, NANOQUÍMICA, CIENCIA DE SUPERFICIES







JURADO INTERNACIONAL DEL CONCURSO SPMAGE07

Sección científica

Ron Reinferberger, Purdue University (EE.UU.)

Klaus Kern, Max Planck Institute (Alemania)

Miquel Salmerón, Lawrence Berkeley National Lab. (EE.UU.)

Jacques Miltat, CNRS-Université Paris-sud (Francia)

Oscar Custance, Osaka University (Japón)

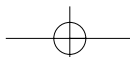
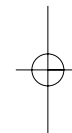
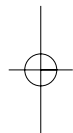
Arturo M. Baró, CSIC (España)

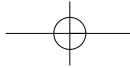
Sección artística y divulgativa

Lola Gil, Universidad Complutense de Madrid (España)

Malén Ruiz de Elvira, El País (España)

Ricardo Rodríguez Vita, CosmoCaixa Madrid (España)

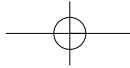




COMITÉ ASESOR CIENTÍFICO DE PRESELECCIÓN

José I. Arnaudas. UNIZAR (España)
Esther Barrena. Max Planck Institute (Alemania)
Iván Brihuega. Max Planck Institute (Alemania)
Jaime Colchero Paetz. UM (España)
M^a Teresa Cuberes. UCLM (España)
Juan de la Figuera. UAM (España)
Pedro J. de Pablo. UAM (España)
Adriana Gil. Nanotec SL (España)
Cristina Gómez Navarro, Max Planck Institute (Alemania)
Mónica Luna. CSIC-CNM-IMM (España)
José Ángel Martín Gago. CSIC-ICMM (España)
José Miguel Martín. CSIC-CNM-IMM (España)
Javier Méndez. CSIC-ICMM (España)
Fernando Moreno. CSIC-CNM-IMM (España)

José I. Pascual. Freie Universität Berlin (Alemania)
Francesc Pérez Murano. CSIC-CNM-IMB (España)
Carmen Ocal. CSIC-ICMAB (España)
José Ortega. UAM (España)
Rubén Pérez. UAM (España)
Celia Polop. UAM (España)
Oscar Rodríguez. UCM (España)
José Gabriel Rodrigo. UAM (España)
Celia Rogero. INTA (España)
Juan J. Sáenz. UAM (España)
Álvaro Sao Paulo. CSIC-CNM-IMM (España)
Amadeo Vázquez de Parga. UAM (España)
Félix Zámora. UAM (España)

**ENTIDADES PATROCINADORAS DEL CONCURSO SPIMAGE07**

Universidad Autónoma de Madrid
Universidad Complutense de Madrid
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Nanotec S.L.
Sociedad Española de Microscopía
Comunidad Autónoma de Madrid; Programa de I+D *NanoObjetos-CM* (S-0505/MAT-0303)
Ministerio de Educación y Ciencia; Proyecto *Microscopía de Fuerzas Atómicas y Nanosistemas* (NAN2004-09183-C10)

ENTIDADES ORGANIZADORAS DE LA EXPOSICIÓN “UN VISTAZO AL NANOMUNDO”

Exmo. Ayto. de Móstoles
VI Muestra de Arte Electrónico de Móstoles (MAEM)
Universidad Rey Juan Carlos

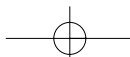
ENTIDADES PATROCINADORAS DE LA EXPOSICIÓN “UN VISTAZO AL NANOMUNDO”

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECyT)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Comunidad Autónoma de Madrid
Universidad Autónoma de Madrid

Edición del catálogo

D. Fernando Hernández Cuadra, UAM

Las imágenes de la introducción son cortesía de Agustina Asenjo Barahona, CSIC



<http://www.icmm.csic.es/spmage07>



Universidad
Rey Juan Carlos

