

**EDITORIAL****El lento despertar de la Nanotecnología en España**

Antonio Correia
Fundación Phantoms
Juan José Sáenz
Departamento de Física de la Materia Condensada
C-III
Universidad Autónoma de Madrid
Pedro A. Serena
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

TRIBUNA DE DEBATE**Nanociencia: Manipulación a Escala Atómica y Molecular**

Blanca Biel
Fernando Flores
Dpto. Física Teórica de la Materia Condensada
C-III
Universidad Autónoma de Madrid
Iván Brihuega
Pedro J. de Pablo
Julio Gómez-Herrero
Cristina Gómez-Navarro
José María Gómez-Rodríguez
Laboratorio de Nuevas Microscopías
Dpto. Física de la Materia Condensada
C-III
Universidad Autónoma de Madrid
Oscar Custance
Graduate School of Engineering
Osaka University

Nanofotónica: hacia el control sub-micrométrico de la luz

Alvaro Blanco
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)
Cefe López
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)
Antonio García-Martín
Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC)
Gaspar Armellas
Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC)
F.J. García Vidal
Departamento de Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

Nanomagnetismo

M. A. García
Instituto de Magnetismo Aplicado RENFE-UCM-CSIC
Depto. Física de Materiales
UCM
P. Marín
Instituto de Magnetismo Aplicado RENFE-UCM-CSIC
Depto. Física de Materiales, UCM
J. M. González
Instituto de Magnetismo Aplicado RENFE-UCM-CSIC
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid CSIC
P. Crespo
Instituto de Magnetismo Aplicado RENFE-UCM-CSIC
Depto. Física de Materiales
UCM; A. Hernando
Instituto de Magnetismo Aplicado RENFE-UCM-CSIC
Depto. Física de Materiales
UCM
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid CSIC

Nanotecnología en España

Joaquín Alonso Andaluz
Fundación para el Conocimiento madri+d
Jaime Sánchez Páramo
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

AULA ABIERTA**Potencial de la Comunidad de Madrid para el desarrollo de cluster tecnológico**

Isidro de Pablo López
Begoña Santos Urda
Yolanda Bueno Hernández
Fernando Borrajo
Francisco Pizarro
Grupo de Emprendizaje y Desarrollo Local
Universidad Autónoma de Madrid

Districtos, tecnópolis y regiones del conocimiento en Japón: cambios organizativos en las áreas metropolitanas

Julio César Ondategui
Dirección General de Universidades e Investigación
Comunidad de Madrid

INVESTIGACIÓN:**-PROYECTOS**

Laboratorio de prospección.
Departamento de Ingeniería Geológica
ETSI Minas
Universidad Politécnica de Madrid

-TESIS DOCTORALES

Algunas Tesis sobre nanotecnología y nanociencia

QUIÉN ES QUIÉN**Visiones Acerca de la Nanotecnología**

Patrick Van-Hove
IST-FET
Comisión Europea
Manuel Vázquez Villalabeitia
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid CSIC
Gestor de la Acción Estratégica en Nanociencia y Nanotecnología del Ministerio de Educación y Ciencia
José Manuel Báez Cristóbal
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
Jordi Pascual Gainza
Director Ejecutivo del Institut Català de Nanotecnología
Clara Eugenia Núñez
Directora General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid

INNOVACIONES DE ÉXITO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA HISPANAGAR S.A

mCentric

INGENIERÍA VIESCA, S.L.**LA I+D EN CIFRAS**

Algunas cifras relativas a la Nanotecnología en España de acuerdo con los resultados del proyecto "Mapping Excellence in Science and Technology across Europe"

LA I+D EN LA RED

Nanociencia y nanotecnología

LÍNEA DIRECTA CON MADRIMASD

Asesorías telemáticas del Centro de Enlace

Protección de datos
Proyectos europeos
Círculo de innovación en tecnologías medioambientales y energía
Vigilancia tecnológica en Biotecnología

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Spain NanoTechnology Think Tank (SNT3, 2004)

FECYT (2005)
Madrid, Especial Nanotecnología, nº 1, febrero

International Journal of Nanotechnology. Special Issue 'On Nanotechnology in Spain'

2(1/2), 2005

CON OTRO AIRE

El Hombre de Flores

Patricio Morcillo



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

**Director:****D. PATRICIO MORCILLO ORTEGA**

Catedrático de Organización de Empresa
Universidad Autónoma de Madrid

Comité de Dirección:**D^a. CLARA EUGENIA NUÑEZ**

Directora General de Universidades e Investigación, Comunidad de Madrid

D. ALFONSO GONZÁLEZ HERMOSO DE MENDOZA

Subdirector de Investigación.
Dirección General de Universidades e Investigación, Comunidad de Madrid.

M^a JESÚS MATILLA QUIZA

Vicerrectora de Investigación, Universidad Autónoma de Madrid (UAM).

JOSÉ FRANCISCO ÁLVAREZ ÁLVAREZ

Vicerrector de Investigación, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

FRANCISCO MARCELLÁN ESPAÑOL

Vicerrector de Investigación e Innovación, Universidad Carlos III.

JAVIER PRIETO FERNÁNDEZ

Director de proyectos de Investigación.
Adjunto al Vicerrector de Investigación e Innovación, Universidad Carlos III.

MANUEL DABRIO BAÑULS

Delegado Institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

ELOY GARCÍA CALVO

Vicerrector de Investigación, Universidad de Alcalá de Henares.

JUAN MANUEL MENESES CHAUS

Adjunto al Vicerrector de Investigación y Relaciones Institucionales
Universidad Politécnica de Madrid.

RAFAEL VAN GRIEKEN SALVADOR

Vicerrector de Investigación, Universidad Rey Juan Carlos.

CARLOS ANDRADAS HERANZ

Vicerrector de Investigación., Universidad Complutense de Madrid.

M^a LUISA OSETE LÓPEZ

Asesora del Vicerrector de Investigación en CAI 's e Infraestructura
Universidad Complutense de Madrid.

PILAR PUENTE RUIZ

Secretaria del Consejo de Dirección de la Revista madri+d
Dirección General de Universidades e Investigación.

DIRECCIÓN DE LA REVISTA:

Universidad Autónoma de Madrid
Facultad de CC.EE. y EE.
Ctra. de Colmenar Viejo, km. 15
Cantoblanco 28049 MADRID
Tel. 91 497 40 59
Fax. 91 497 42 18
revista@madrimasd.org

EDICIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA REVISTA:

Antonio Verde, Director OTRI UAM
Fundación General de la UAM
Pabellón C, 2ª planta
Ctra. de Colmenar Viejo, km. 15
Cantoblanco 28049 MADRID
averde.fguam@uam.es

DISEÑO Y PROGRAMACIÓN:

GRIDAT

gridat@diatel.upm.es

* Los artículos y colaboraciones publicados en esta revista, representan exclusivamente la opinión de sus autores, sin que en ningún momento comprometan a la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid, salvo cuando se mencione expresamente.



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	



1. Eduardo Bueno Campos

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad Autónoma de Madrid

2. Mikel Buesa Blanco

Catedrático de Economía Aplicada
Universidad Complutense de Madrid

3. César Camisón Zornoza

Catedrático de Organización de Empresas
Universitat Jaume I

4. Pere Escorsa Castells

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad Politécnica de Cataluña (ETS de Tarrassa)

5. Zulima Fernández Fernández

Catedrática de Organización de Empresas
Universidad Carlos III de Madrid

6. José Luis Galán González

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad de Sevilla

7. Luis Ángel Guerras Martín

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad Rey Juan Carlos I

8. Isabel Gutiérrez Calderón

Catedrática de Organización de Empresas
Universidad Carlos III de Madrid

9. José Emilio Navas López

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad Complutense de Madrid

10. Antonio Hidalgo Nuchera

Profesor Titular de Organización de Empresas
Universidad Politécnica de Madrid

11. José Molero Zayas

Catedrático de Economía Aplicada
Universidad Complutense de Madrid

12. Patricio Morcillo Ortega.

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad Autónoma de Madrid

13. Mariano Nieto Antolín.

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad de León.

14. Ruth Rama Dellepiane.

Profesora de Investigación
Instituto de Economía y Geografía, CSIC

15. Paloma Sánchez Muñoz

Catedrática de Economía Aplicada
Universidad Autónoma de Madrid

16. Camilo José Vázquez Ordás.

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad de Oviedo

17. Xavier Vence Deza.
Catedrático de Economía Aplicada
Universidad de Santiago de Compostela



[Sumario](#)[Editorial](#)[Tribuna de debate](#) [Aula abierta](#) [Investigación](#) [Entrevista](#)[Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología](#) [La I+D en cifras](#)[La I+D en la red](#)[Línea directa con madri+d](#) [Bibliografía](#) [Con otro aire](#)**Número 33:
Investigación y Universidad** 

diciembre de 2005

**Número 32:
La I +D+i en la Cornisa Cantábrica** 

octubre 2005

**Número 31:
La I +D que Tenemos** 

septiembre 2005

**Número 30:
Fomento de la innovación tecnológica** 

julio 2005

**Número 29:
Ciencia, Tecnología y Universidad** 

mayo 2005

**Número 28:
Conocimiento y Creatividad** 

marzo de 2005

**Número 27:
Investigación en la Unión Europea** 

enero de 2005

**Número 26:
Retos Universitarios** 

noviembre de 2004

**Número 25:
Cooperación tecnológica** 

septiembre de 2004

**Número 24:
Ciencia, tecnología e innovación y los países menos desarrollados** 

julio de 2004

**Número 23:
Gestión de la innovación y la tecnología** 

mayo-junio de 2004

Número 22:
Especial sector aeronáutico 

marzo de 2004

Número 21:
Emprendedores y creación de empresas 

febrero de 2004

Número 20:
Estrategias, conocimiento e innovación II 

diciembre 2003-enero de 2004

Número 19:
Estrategias, conocimiento e innovación 

octubre-noviembre de 2003

Número 18:
Conocimiento e Innovación 

agosto-septiembre de 2003

Número 17:
Vigilancia tecnológica. 

junio-julio de 2003

Número 16:
La investigación en gestión de la innovación. 

abril-mayo de 2003

Número 15:
La investigación en gestión de la innovación. 

febrero-marzo de 2003

Número 14:
Transferencia de tecnología 

diciembre 2002 - enero 2003

Número 13:
Medidas de fomento para la innovación 

octubre - noviembre de 2002

Número 12:
La I +D+i en el sector turismo 

agosto - septiembre de 2002

Número 11:
Organización e innovación: una nueva mirada 

junio - julio de 2002

Número 10:
Sobre los obstáculos a la innovación 

abril - mayo de 2002

Número 9:
Las competencias tecnológicas en un entorno globalizado 

febrero - marzo de 2002

Número 8:
Fiscalidad e innovación 

diciembre - enero de 2002

Número 7:
Recursos humanos e innovación 

octubre - noviembre de 2001

Número 6:
Creación de empresas de base tecnológica 

septiembre de 2001

Número 5:
La innovación en el sector eléctrico 

julio de 2001

Número 4:
Sobre vigilancia tecnológica 

mayo de 2001

Número 3:
Medición de intangibles 

marzo de 2001



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

Encuesta

Tu Opinión

Encuesta de valoración de la revista madri+d

La valoración de cada respuesta de la presente encuesta va en escala de 1 a 5, siendo 1 la estimación mínima y 5 la estimación óptima, en función de los criterios de calidad, satisfacción e interés que usted percibe.

1. ¿Considera interesantes los contenidos publicados en la revista madri+d?

1 2 3 4 5

2. ¿Estos contenidos se adecuan a sus necesidades y a lo que usted espera recibir de una revista dedicada a la investigación en gestión de la I+D+I?

1 2 3 4 5

3. ¿Considera oportuno abrir nuevas secciones además de las ya existentes en la revista madri+d?

SI NO

Indicar cuales:

4. ¿Propondría alguna clase de mejora con el fin de incrementar la calidad de la revista madri+d?

SI NO

Indicar cuales:



[Sumario](#)[Editorial](#)[Tribuna de debate](#) [Aula abierta](#) [Investigación](#) [Entrevista](#)[Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología](#) [La I+D en cifras](#)[La I+D en la red](#)[Línea directa con madri+d](#) [Bibliografía](#) [Con otro aire](#)

Suscríbese

Suscríbese a nuestra revista Madri+d

Suscribiéndose recibirá en su e-mail nuestro avance de novedades en la Revista Madri+d.



La suscripción a la revista se realiza dentro del servicio de Notiweb de madri+d

[Ir a NotiWeb](#)



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

Buzón de sugerencias

Si desea realizar algún comentario o pregunta por favor rellene el siguiente formulario y pulse Enviar.



Nombre:

E-mail:



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y
transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

El lento despertar de la Nanotecnología en España

Antonio Correia
Fundación Phantom
Universidad Autónoma de Madrid

Juan José Sáenz
Departamento de Física de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid
juanjo.saenz@uam.es

Pedro A. Serena
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
Consejo Superior de Investigaciones Científica
Universidad Autónoma de Madrid

A lo largo de la última década la Nanociencia y la Nanotecnología han pasado de ser unas ramas científico-tecnológicas emergentes, restringidas al ámbito de la investigación y cargadas de espectaculares promesas, a convertirse en unas de las principales líneas temáticas de la investigación que se desarrolla en los países más avanzados. Además, la Nanotecnología se ha convertido en un tema de impacto social, con grandes repercusiones mediáticas, a pesar de que muchos de los frutos prometidos se esperan a medio o largo plazo. Como ejemplo basta mencionar que el término "*nanotechnology*" aparece citado en el buscador "*Google*" más de cuarenta y cinco millones de veces, o la gran cantidad de referencias a este tema que aparecen en periódicos o revistas generalistas (ver, por ejemplo, el excelente servicio de noticias y recortes de prensa accesible en www.madrimasd.org). Esta transición se debe al impulso que desde los gobiernos de los EE.UU., Japón, Reino Unido, Alemania, Francia, etc., y de la Comisión Europea, se ha dado a las Nanotecnologías como elemento clave que permitirá mantener a medio y largo plazo la competitividad de las empresas e industrias del denominado primer mundo. Esa competitividad se basará en la generación de una verdadera oleada de nuevos conocimientos, que se transformarán en dispositivos, materiales, productos, e incidirán de forma significativa en nuestra calidad de vida. Esta oleada de conocimientos estará fundamentada en los avances en las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, la Biotecnología, la Nanotecnología, las Neurociencias, las Ciencias Medioambientales, etc.

No es momento de hacer una relación exhaustiva de los planes estratégicos de cada país y sus inversiones en formación, proyectos y construcción de centros dedicados a Nanotecnología. Toda esta información puede recopilarse en multitud de excelentes informes nacionales e internacionales, que claramente indican una inversión ingente en este campo. Un rápido vistazo a la Tabla 1 permite constatar el interés y apoyo crecientes que este tópico ha tenido en todo el mundo, esfuerzo al que se ha sumado de manera notable China en los últimos tres años (mostrando al mundo que su única baza competitiva no se basará exclusivamente en la mano de obra barata). Es muy interesante destacar que una parte considerable de las inversiones señaladas provienen del sector privado (sobre todo en Japón y EE.UU.), lo que constituye un indicador nítido de las expectativas puestas en la Nanotecnología como creadora de riqueza. Otro punto que ha incentivado la expansión de la Nanotecnología es su rápida convergencia con un sector que ya inició hace tiempo una carrera imparable: la Biotecnología. De hecho, la Nanobiotecnología es responsable de muchos de los más llamativos avances que han tenido lugar últimamente. Esto no hace más que profundizar en una cuestión: nos encontramos ante un nuevo paradigma multidisciplinar que requerirá de grandes inversiones económicas para construir nuevos centros y adquirir costoso equipamiento científico, pero también para formar personal suficientemente cualificado en la difícil tarea de la convivencia multidisciplinar dentro de los futuros grupos de investigación.

Desde hace tiempo, muchos investigadores españoles, adaptados plenamente a los modos de trabajo y a la competencia que se da en el mundo científico internacional, eran conocedores de la importancia que este tema tenía tanto desde la perspectiva de la ciencia básica (¿cómo no soñar con entender, manipular y dominar la materia a escala nanométrica, usando los átomos y moléculas como elementos de un juego de construcción?) como de la ciencia aplicada (producción con optimización de recursos, vehículos de bajísimo consumo, materiales de resistencias increíbles, nanosensores de utilidad en diagnóstico de enfermedades, sistemas de filtrado de agua y aire, computadores diminutos de altas prestaciones, diminutas y potentes baterías, etc.). Como ha sucedido en otras ocasiones, los planificadores de las políticas científicas no se percataron de la importancia de este tema, y

fueron los propios científicos (aprovechando los vientos favorables e influencias de los movimientos que se producían en Europa, Japón y EE.UU.) los que ejercieron su modesta, pero constante, influencia hasta lograr que la Nanociencia y la Nanotecnología se incorporasen tanto al vigente Plan Nacional de I+D+I como a los diversos Planes desarrollados por las Comunidades Autónomas. Como siempre ha ocurrido con los temas de investigación, lo que no se ha logrado plenamente es que una gran parte de las empresas (aunque siempre hay excepciones) comiencen a tomar en serio este tópico de investigación que puede suponer una auténtica revolución de los sistemas de producción, de la optimización de los recursos, del valor añadido en los productos, etc.

Tabla 1

Presupuesto dedicado a Nanotecnología en diversas regiones del mundo (M\$ / año) ¹									
REGIÓN	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Europa Occidental	126	151	179	200	225	400	650	950 ⁵	1050 ⁵
Japón	120	135	157	245	465	750	810 ⁴	875 ⁵	950 ⁵
EE.UU. ²	116	190	255	270	422	604	862	989 ⁵	1081 ⁵
Otros ³	70	83	96	110	380	520	511 ⁴	900 ⁵	1000 ⁵
TOTAL	432	559	687	825	1502	2274	2833	3714	4081
⁽¹⁾ Fuente: M. Roco (National Science Foundation, EE.UU.) " Government Nanotechnology Funding: An international outlook".									
⁽²⁾ No incluye las iniciativas estatales.									
⁽³⁾ Otros: Australia, Corea, Canadá, Taiwán, China, Rusia, Singapur, Europa del Este.									
⁽⁴⁾ Fuente: UE.									
⁽⁵⁾ Fuente: National Science Foundation, EE.UU.									

Entre las iniciativas que se promovieron en España a partir del año 2000 podemos destacar la creación de redes temáticas de amplio espectro, de carácter multidisciplinar (como lo es la Nanotecnología en sí misma), que han permitido la interrelación de comunidades científicas hasta entonces poco conectadas, incentivando la interacción entre grupos españoles para aumentar la masa crítica de expertos que puedan dedicarse a la resolución de problemas de índole compleja, donde se mezclan jergas y maneras de trabajar diferentes. Quizás las redes Nanociencia y NanoSpain constituyen los dos ejemplos más claros de autoorganizaciones de científicos. La red Nanociencia, ya desaparecida tras una andadura de cuatro años, fue pionera en el ámbito español y tuvo un carácter formativo, de ejercicio de puesta en común de metodologías, reuniendo a casi doscientos investigadores. Por otro lado, NanoSpain (www.nanospain.org) se configuró como una red de mayores proporciones (agrupa actualmente a casi 180 grupos de investigación de los sectores público y privado) con la clara intención de promover ante las autoridades, los gestores científicos, y la población en general, la existencia de un nuevo tipo de conocimiento, necesario para lograr generar ciencia competitiva y propiciar una nueva revolución tecnológica y económica. Otra iniciativa con el sello de "made in Spain" es la celebración en España de la serie de conferencias "*Trends in Nanotechnology*" que se han celebrado ininterrumpidamente desde hace seis años, constituyéndose en referente internacional. Estas reuniones, verdadero escaparate de la investigación española, han conseguido atraer a la flor y nata internacional de la investigación en Nanotecnología, propiciando una fuerte interacción con los grupos españoles. Estas iniciativas, si bien exitosas, necesitan seguir manteniéndose para fortalecer la posición de los grupos españoles con respecto a la de los grupos extranjeros y lograr su plena integración en el Espacio Europeo de Investigación.

A principios de 2003 las iniciativas relacionadas con la Nanotecnología empezaron a multiplicarse y el empuje de todas ellas se consolidó con la entrada en vigor del nuevo Plan Nacional de I+D+I en el que la Nanotecnología había encontrado, por fin, su hueco, incorporándose como objetivo de muchos de los Programas Nacionales y adquiriendo un protagonismo singular a través de la Acción Estratégica de Nanotecnología del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). Aparecieron nuevas redes de carácter regional, o de temática más restringida, los gobiernos de las Comunidades Autónomas incorporaron en sus programas regionales tópicos relacionados con Nanotecnología, se crearon foros de discusión orientados a propiciar el encuentro entre investigadores y empresarios y en los

que la Nanotecnología era protagonista, se anunció la creación de varios Laboratorios e Institutos (de muy variado tamaño y distribuidos por toda España) dedicados a esta rama del saber. Se puede decir que en estos dos últimos años se ha producido una verdadera explosión de iniciativas en el ámbito de las Nanotecnologías. Un ejemplo de este impulso a escala nacional ha sido la reciente concesión de más de 12 millones de Euros entre casi una treintena de proyectos dentro de la primera convocatoria de ayudas de la antes citada Acción Estratégica del MEC. Otro ejemplo más cercano, del ámbito de la Comunidad Autónoma de Madrid, ha sido la puesta en marcha de Programas de Actividades de I+D, algunos de los cuales están relacionados en mayor o menor grado con la Nanociencia y la Nanotecnología, y cuya financiación ha sido aprobada recientemente por la Consejería de Educación. La Tabla 2 recoge aquellos proyectos aprobados en esta convocatoria que están relacionados con las Nanotecnologías. Es fácil constatar que más de sesenta grupos de investigación madrileños están involucrados en el desarrollo de estos Programas y que contarán con una financiación de casi 8,6 millones de Euros en cuatro años.

Las iniciativas anteriores, representando inversiones considerables si se considera que se partió de una situación de nulo apoyo a la Nanociencia y la Nanotecnología, son, sin embargo, insuficientes para mantener la competitividad del sistema de I+D dentro del Área Europea de Investigación. Cuando se calcula la financiación anual media recibida por cada grupo se encuentra una cantidad que se mueve entre los 35000 y 45000 Euros. Esta cantidad sirve escasamente para contratar a un investigador con el grado de doctor y no parece que sea suficiente para incrementar de forma significativa la competitividad de los grupos españoles. Se hace necesario mantener una tensión constante, propiciar el asentamiento de todas las iniciativas en marcha y la propuesta de otras nuevas, incrementando significativamente los fondos destinados a potenciar este campo estratégico, y, sobre todo lograr que los gobernantes nacionales y regionales, los directivos de empresas de sectores estratégicos, y los nuevos emprendedores, se conciencien plenamente de que las Nanotecnologías pueden ser motor de la siguiente revolución industrial y económica, en la que debemos ocupar un puesto de preferencia. Sin duda alguna, la noticia de la creación de un Instituto Madrileño de Nanotecnología o la posible puesta en marcha de un Instituto Nacional dedicado a Nanotecnología, posiblemente ubicado en la Comunidad de Madrid, permitirán a esta Comunidad mantener su liderazgo en el área de las Nanotecnologías.

Aceptar la invitación para coordinar este Monográfico ha sido fácil porque no supone más que seguir en la línea que desde hace tiempo nos hemos marcado al liderar iniciativas como las Redes Nanociencia y NanoSpain, o las conferencias "Trends in Nanotechnology" (TNT), entre otras. Estas iniciativas nos han proporcionado una sólida atalaya desde la que hemos seguido y potenciado activamente la evolución de la Nanotecnología en España a lo largo de casi siete años. El rumbo que hemos seguido hasta la fecha nos ha permitido dar a conocer tanto el conocimiento desarrollado en la ciencia de la escala del nanómetro, como que dicho conocimiento se realiza también por grupos competitivos españoles, que en la mayoría de los casos no tienen un entorno productivo al que transferir las ideas que generan. Con la misma intención, la de dar a conocer lo que se hace en los laboratorios de Universidades y Organismos Públicos de Investigación de la Comunidad Autónoma de Madrid, se ha configurado el presente Monográfico. El contenido del mismo tiene una estructura muy simple. En un primer bloque denominado "Visiones de la Nanotecnología" se han recogido una serie de opiniones de personas involucradas de distinta forma en acciones de promoción o gestión de la Nanotecnología a nivel internacional, nacional o regional. Sus opiniones corroborarán la impresión de que la actitud de las diversas Administraciones públicas ha cambiado paulatinamente y parece que la apuesta por la I+D en general, y la Nanotecnología en particular, es irreversible. En un segundo bloque se presentan contribuciones de algunos grupos de investigación de la Comunidad de Madrid para que describan los avances más recientes de diferentes "nanotemáticas" y cuál ha sido su contribución a las mismas. Nos hemos restringido a distintas áreas de trabajo de gran impacto y enorme potencial por lo que esperamos que los artículos presentados sean de interés para los lectores de este número de Madri+d. Hay que mencionar que, dado el potencial de la Comunidad de Madrid en el tema de la Nanotecnología, tal y como se recoge en la Tabla 2, se podría haber diseñado un Monográfico diferente, con otras contribuciones de igual calidad, o de un tamaño mucho mayor. Para finalizar este segundo bloque de artículos hemos incluido un par de trabajos orientados a analizar el impacto de la Nanotecnología en el ámbito económico y a facilitar una fotografía de los indicadores que reflejan la situación general de la Nanotecnología en España.

Antes de finalizar nos gustaría agradecer a Patricio Morcillo, Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid, y Director de la revista Madri+d la invitación para coordinar este monográfico, así como a todos los autores que han contribuido a la preparación del mismo.

Relación de Programas de Actividades de I+D entre Grupos de Investigación de la Comunidad de Madrid aprobados para el periodo 2006-2009 y que están relacionados directa o indirectamente con la Nanociencia y la Nanotecnología.

REFERENCIA	INVESTIGADOR COORDINADOR (número de grupos)	ACRÓNIMO	TÍTULO DEL PROGRAMA	ORGANISMO	FINANCIACION TOTAL 2006 - 2009 (Euros)
S-0505/MAT /000194	Rodolfo Miranda Soriano (5 grupos)	NANOMAGNET	Nanoestructuras magnéticas: fabricación, propiedades y aplicaciones biomédicas y tecnológicas	Universidad Autónoma de Madrid	959.998,70
S-0505/MAT /000227	Juan Baselga Llidó (8 grupos)	INTERFASES	Materiales nanoestructurados de base polimérica: fenómenos de interfase en relación con sus propiedades y aplicaciones avanzadas	Universidad Carlos III de Madrid	613.786,80
S-0505/MAT /000283	José López Carrascosa (10 grupos)	NANOBIOS	Análisis de estructura y función de nanomáquinas y otros sistemas biológicos y su integración en dispositivos nanomecánicos mediante técnicas de manipulación de moléculas individuales	Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	882.101,25
S-0505/MAT /000303	Fernando Flores Sintas (8 grupos)	NANOOBJETOS	Propiedades mecánicas, eléctricas, y Catalíticas de Nanoobjetos: Síntesis, Caracterización y Modelización	Universidad Autónoma de Madrid	796.725,00
S-0505/MAT /000077	Francisco Javier Llorca Martínez (4 grupos)	ESTRUMAT	Materiales Estructurales Avanzados	Universidad Politécnica de Madrid	937.850,00
S-0505/TIC /000191	Fernando Cussó Pérez (5 grupos)	MICROSERES	Microsistemas ópticos sensores	Universidad Autónoma de Madrid	551.947,80
S-0505/PPQ /000225	Nazario Martín León (4 grupos)	MADRIDSOLAR	Materiales Foto- y Electroactivos para Células Solares Orgánicas e Híbridas	Universidad Complutense de Madrid	892.659,70
S-0505/PPQ /000316	José María González Calbet (5 grupos)	MATFORFUN	Materiales avanzados basados en óxidos funcionales: relación entre tamaño de partícula, estructura y propiedades	Universidad Complutense de Madrid	706.300,00
S-0505/ESP /000200	Enrique Calleja Pardo (3 grupos)	NANOCOMIC	Nanoestructuras de semiconductores como componentes para la información cuántica	Universidad Politécnica de Madrid	734.373,95

S-0505/ESP /000337	Sebastián Viera Díaz (4 grupos)	CITEKNOMIK	Ciencia y tecnología en el milikelvin	Universidad Autónoma de Madrid	600.000,00
S-0505/ENE /000310	Antonio Luque López (9 grupos)	NUMANCIA	Nueva generación de materiales, dispositivos y estrategias fotovoltaicas para un mejor aprovechamiento de la energía del sol	Universidad Politécnica de Madrid	908.318,93
	Total grupos: 65		Total Programas "nano": 12		Total financiación (Euros) 8.584.062,13



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

Los artículos que figuran en esta sección están evaluados por el Consejo Científico de la Revista madri+d.

Nanociencia: Manipulación a Escala Atómica y Molecular

El invento de la microscopía de proximidad ha permitido la manipulación individual de átomos y moléculas con el objetivo de conformar sistemas funcionales nanométricos que constituyen el núcleo de la Nanociencia. En este artículo presentamos ejemplos de manipulación atómica, partiendo del artículo pionero de Eigler para el Xe sobre Ni y continuando con experimentos recientes en superficies semiconductoras desarrollados por investigadores procedentes del Laboratorio de Nuevas Microscopías. Finalmente se muestra cómo la creación de unos pocos defectos mediante irradiación con Ar⁺ permite ajustar la conductancia de nanotubos de carbono metálicos.

Blanca Biel

Fernando Flores

Dpto. Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

Iván Brihuega

Pedro J. de Pablo

Julio Gómez-Herrero

Cristina Gómez-Navarro

José María Gómez-Rodríguez

Laboratorio de Nuevas Microscopías,
UDpto. Física de la Materia Condensada,
Universidad Autónoma de Madrid

Oscar Custance

Graduate School of Engineering, Osaka University

Nanofotónica: hacia el control sub-micrométrico de la luz

La nanofotónica es la disciplina científico técnica que tiene por objeto el estudio de la generación, control y detección de luz en escalas similares o menores que su propia longitud de onda y el estudio de la interacción con la materia a escala nanométrica. En particular sus objetivos y retos más importantes tienen que ver con los fenómenos en que el campo de radiación electromagnética o bien la materia están confinados en tamaños del rango nanométrico. En este campo han surgido con fuerza varias áreas de investigación tendentes a explicar, predecir y aplicar dichos fenómenos y de entre ellos destacaremos los cristales fotónicos, la magneto-fotónica y la plasmónica.

Alvaro Blanco

Cefe López

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)

Antonio García-Martín

Gaspar Armeltes

Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC)

F.J. García Vidal

Departamento de Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

Nanomagnetismo

En este trabajo se revisan las propiedades magnéticas de los materiales nanoestructurados y más en concreto de las nanopartículas. Se describe como los materiales magnéticos cambian notablemente sus propiedades cuando su tamaño se reduce a unos pocos nanómetros. Además, debido a estos efectos de tamaño, algunos materiales que no son ferromagnéticos en estado masivo pasan a tener un comportamiento típico de materiales ferromagnéticos cuando se encuentran en forma de nanopartículas. Finalmente, se muestran algunas de las aplicaciones de las nanopartículas magnéticas en el campo de la biomedicina.

M. A. García

P. Marín

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.

J. M. González

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC

P. Crespo

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.

A. Hernando

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC

Nanotecnología en España 

Las nanociencias y las nanotecnologías son nuevas áreas de investigación y desarrollo (I +D) cuyo objetivo es el control del comportamiento y la estructura fundamental de la materia a nivel atómico y molecular. Estas disciplinas abren las puertas a la comprensión de nuevos fenómenos y al descubrimiento de nuevas propiedades susceptibles de ser utilizables a escala macroscópica y microscópica. Las aplicaciones de las nanotecnologías son cada vez más visibles y su impacto se dejará sentir pronto en la vida cotidiana. Este artículo sintetiza las principales conclusiones alcanzadas en el estudio "Nanotecnología en España". Un informe que describe, analiza y estudia la situación actual de la nanotecnología en España.

Joaquín Alonso Andaluz

Fundación para el Conocimiento madri+d

Jaime Sánchez Páramo

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

Aula abierta

Los artículos que figuran en esta sección están evaluados por el Consejo Científico de la Revista madri+d.

Potencial de la Comunidad de Madrid para el desarrollo de cluster tecnológico +

Este artículo presenta una metodología para la identificación de cluster tecnológicos como política innovadora de desarrollo y promoción de la actividad económica de una Región. Esta metodología aplicada al caso concreto de la Comunidad de Madrid pone en evidencia que las ventajas de localización, la disponibilidad de recursos, conocimiento e infraestructuras, y las redes de apoyo de todo tipo presentes en el territorio de la Comunidad, la cualifican para potenciar el desarrollo de determinados clusters tecnológicos.

Isidro de Pablo López
Begoña Santos Urda
Yolanda Bueno Hernández
Fernando Borrajo
Francisco Pizarro
Grupo de Emprendizaje y Desarrollo Local
Universidad Autónoma de Madrid

Distritos, tecnópolis y regiones del conocimiento en Japón: cambios organizativos en las áreas metropolitanas +

Este trabajo examina un área tecnopolitana de Japón en relación con los cambios organizados en grandes áreas de tipo metropolitano, como es el caso de Chubu -área de Nagoya- situada en la región central de Japón. En un premier bloque, se plantea la importancia de la ciencia y la tecnología en el nuevo desarrollo. A continuación, las ciudades de la ciencia y la tecnología con sus características principales. Y, por último, se abordan las funciones y roles de las tecnópolis japonesas.

Julio César Ondategui
Dirección General de Universidades e Investigación
Comunidad de Madrid



[Sumario](#)[Editorial](#)[Tribuna de debate](#) [Aula abierta](#) [Investigación](#) [Entrevista](#)[Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología](#) [La I+D en cifras](#)[La I+D en la red](#)[Línea directa con madri+d](#) [Bibliografía](#) [Con otro aire](#)

Investigación

Los artículos que figuran en esta sección están evaluados por el Consejo Científico de la Revista madri+d.

Proyectos:

Laboratorio de Prospección

El Laboratorio de Prospección de la Universidad Politécnica de Madrid lo conforman un grupo de profesores y personal laboral adscritos a la E.T.S. de Ingenieros de Minas especializados en la prospección geofísica y geotécnica del subsuelo. Los objetivos que persigue son actualizar de forma continua las distintas técnicas de prospección del subsuelo, contribuir al desarrollo, implantación y divulgación de éstas en los distintos ámbitos profesionales y mantener una fluida relación universidad-empresa.

Tesis Doctorales:

Algunas Tesis sobre nanotecnología y nanociencia



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y
transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Visiones acerca de la Nanotecnología

Este documento recoge las impresiones sobre la Nanotecnología de personas relacionadas con la investigación, la gestión de la investigación o la política científica. Las personas entrevistadas cubren tres ámbitos: la Unión Europea, España (tanto a nivel estatal como autonómico) y la Comunidad de Madrid.

D. Patrick Van-Hove

IST-FET, Comisión Europea

**¿Qué papel tiene reservada la Nanotecnología en el programa IST/FET del VII PM de la UE?**

En este momento, estamos discutiendo con científicos la definición del programa IST/FET en el VII PM. Algunos temas de investigación en nanoelectrónica y nanotecnología son prioritarios. En primer lugar, tenemos que buscar soluciones para el futuro de la industria de los semiconductores. Desde hace 40 años, hemos podido duplicar cada dos años el número de transistores en un chip, pero ahora los límites a esta progresión parecen más evidentes. Necesitamos nuevas soluciones para poder seguir con la miniaturización con conceptos como nanotubos, nanohilos o electrónica molecular.

En segundo lugar, queremos aprovechar las oportunidades que nos ofrecen nuevos materiales y nuevas estructuras a escala nanométrica, para desarrollar funciones y dispositivos que utilicen nuevos fenómenos físicos como magnetismo o 'spintronics', fotónica o física cuántica. Esperamos que esos desarrollos puedan combinarse a medio plazo con tecnologías estándares de semiconductores.

En tercer lugar, reconocemos que nuevos descubrimientos científicos ocurren a menudo en el cruce de varias disciplinas científicas o tecnológicas. Vemos particularmente oportunidades en los límites entre la nanoelectrónica y las ciencias de la vida. Eso podrá ayudarnos a comprender mejor el tratamiento de la información en los 'sistemas vivos', a descubrir nuevos materiales y técnicas para construir sistemas artificiales y para crear sistemas híbridos, más allá de los sensores o implantes de hoy.

El VII Programa Marco se está discutiendo entre el Consejo y el Parlamento, teniendo como base la proposición de la Comisión. Esperamos una decisión final en el 2006. Las consultas con la comunidad científica continuarán a principios del 2006 para identificar los objetivos del programa. Se espera que el programa IST/FET apoye investigación cooperativa entre equipos multidisciplinares para afrontar estos retos.

D. Manuel Vázquez Villalabeitia

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC
Gestor de la Acción Estratégica en Nanociencia y Nanotecnología
del Ministerio de Educación y Ciencia**¿En qué consiste la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología del Ministerio de Educación y Ciencia?**

Los extraordinarios avances científicos y tecnológicos alcanzados a lo largo de la última década han permitido en estos momentos la fabricación, caracterización y manipulación de la materia a escala nanométrica de forma controlada. Esto ha despertado un enorme interés

por las nuevas posibilidades que basándose en nuevos descubrimientos científicos permiten augurar extraordinarios avances tecnológicos con repercusión en la sociedad en los aspectos más amplios y variados de la vida cotidiana.

Estas características de gran actualidad e interés emergente han dado lugar a que se planteen nuevos retos dentro de la comunidad científica internacional. La naturaleza de estos estudios a escala nanométrica, con unas características bien específicas, requiere generalmente la actuación coordinada de expertos en áreas muy dispares quienes coordinándose de forma adecuada posibilitan desarrollos de elevado rendimiento y alto valor añadido.

En el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) del Ministerio de Educación y Ciencia para el período 2004 – 2007 se contemplan distintas actuaciones acerca de la investigación en diversas áreas como por ejemplo dentro de las convocatorias de los Planes Nacionales de Materiales, Física, Química, Tecnologías de la Comunicación, etc... en donde se apoyan los desarrollos de estas disciplinas y entre las cuales un porcentaje creciente de solicitudes han ido dirigiéndose en los últimos años hacia los mencionados temáticas en la nanoescala.

Dentro de este contexto, la Acción Estratégica en Nanociencia y Nanotecnología ha sido planteada como una acción de carácter transversal dentro del mencionado Plan de I+D+I para potenciar estudios específicos en estas nuevas temáticas interdisciplinares de nanociencia y nanotecnología. La Acción Estratégica ha cristalizado en una primera convocatoria extraordinaria de proyectos de investigación independientemente de otras convocatorias específicas dentro del Ministerio relativas a grandes instalaciones y equipamientos, o de personal.

En esta convocatoria se promueve el desarrollo de proyectos de la más elevada calidad científica, pero también se atiende a otros parámetros como son en particular su carácter finalista (potenciando objetivos concretos que en su momento puedan dar lugar a desarrollos de interés tecnológico), o el mencionado carácter multidisciplinar (potenciando la acción coordinada e interdisciplinar de grupos de conocimiento complementario).

Una vez contrastadas las temáticas priorizadas en convocatorias similares por agencias de financiación de otros países representativos de los mayores avances en nanociencia y nanotecnología, se presentó en nuestra convocatoria una serie de objetivos temáticos priorizados: nuevos fenómenos fundamentales adscritos a la nanoescala, nanobiotecnología y biomedicina, nanoestructuras y nanodispositivos para el ahorro de energía y el medio ambiente, almacenamiento magnético de la información, nanoelectrónica y optoelectrónica, máquinas nanométricas y nanomanipulación, y nanocomposites.

En esta convocatoria extraordinaria y desde un punto de vista formal se ha posibilitado la presentación de solicitudes de proyectos “nano” incluso por aquellos grupos con dedicación previa a proyectos de otros programas.

La convocatoria ha sido objeto de un interés realmente fuera de lo usual por parte de la comunidad científica española: un total de 211 proyectos (incluyendo 567 subproyectos) cuya solicitud de presupuestos total ha ascendido a 98 M€ (bastante superior a los 12 M€ disponibles). Ha involucrado a unos 5.000 investigadores (de los cuales entorno a 2.400 doctores) en áreas tan diversas como Física, Química, Biología, Medicina, Ingeniería de Materiales, etc... Por otra parte, si bien la convocatoria no contemplaba la financiación directa a empresas, un total de 294 ha manifestado su interés por la convocatoria mediante cartas de apoyo con diverso grado de involucramiento.

Tras laborioso proceso de evaluación y selección, han sido propuestos para su financiación 23 proyectos coordinados que incluían un total de 93 subproyectos. En particular se han podido identificar 4 grandes áreas temáticas específicas de muy elevado potencial en España: nanomanipulación & control en la nanoescala, nanobiomedicina, nanoelectrónica, y nanotecnologías y nanomateriales para la energía.

Se puede considerar que esta convocatoria ha presentado un razonable éxito, si bien dado el elevado número de propuestas no ha podido alcanzar a todos los grupos y proyectos de excelencia. Este éxito indica la necesidad de continuar el apoyo a estos temas, modificando quizás algunos aspectos formales en futuras nuevas convocatorias.

D. José Manuel Báez Cristóbal

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología



¿Cómo cree que afectará la Nanotecnología a la industria española?

Yo espero que las aplicaciones de la nano-tecnología tengan un impacto positivo en la industria española, pero no se debe excluir la posibilidad de que, si nuestro sistema productivo no se lanza de forma decidida al aprovechamiento de las nano-tecnologías se pierda competitividad de forma muy significativa. Por otra parte, creo que el nivel de conocimiento disponible entre los investigadores del sistema público tanto en cantidad como en calidad, para apoyar el despegue nano-tecnológico del sector privado, permite ser optimista.

Por sectores yo creo que en el sector aeroespacial es muy probable que se identifiquen aplicaciones con cierta rapidez: la industria española es reconocida por su dominio de las tecnologías estructurales, en particular en el uso de la fibra de carbono para estructuras aeronáuticas y espaciales; dado que la introducción de las nano-fibras de carbono parece ser una de las aplicaciones tecnológicas más maduras, será un imperativo incorporar la nano-tecnología si no se quiere perder este importante nicho de mercado de nuestra industria aeroespacial: Posteriormente, aunque quizás antes de lo que nos podemos pensar, puede tener un impacto similar entrada de la tecnología de nano-tubos de carbono con nuevas prestaciones estructurales y funcionales para este sector.

Otros desarrollos, ligados a la ciencia de materiales, que pueden tener gran impacto en las áreas del transporte disponen en España de una base de conocimiento científico muy importante que debiera permitir un rápido despegue en sectores como la automoción, ferrocarril, naval,...

También creo que el sector energético, en el que nuestro país cuenta con empresas de nivel mundial, es un claro candidato a incorporar productos y procesos basados en la nano-tecnología, en particular para cuestiones ligadas al hidrógeno como fuente de energía. En una primera etapa, las nano-tecnologías ligadas a la entrada en el mercado de las pilas de hidrógeno pueden ser un factor de competitividad de primera magnitud. También el almacenamiento de hidrógeno para su uso como combustible, presenta retos que parecen estar más cerca de ser resueltos con la nano-tecnología. Dada la importancia que esta tecnología implica para la sostenibilidad del desarrollo económico mundial, esta área podría recibir inversiones masivas y ser desarrollada con gran premura.

También me gustaría resaltar el gran impacto de las nano-tecnologías en las aplicaciones médicas tanto en farmacología como en sistemas de diagnóstico. Probablemente, este tipo de productos puede tardar bastante en llegar al mercado debido a los dilatados procesos de validación de los productos ligados a la salud de la ciudadanía, especialmente los invasivos; sin embargo las empresas que quieran competir en este mercado dentro de 10 años deben empezar ya a tener en cuenta en sus nuevos desarrollos las posibilidades que las nano-tecnologías apuntan con el conocimiento que ya está disponible.

Por último, un sector muy importante para nuestra economía como el de la construcción, tanto de edificios como de infraestructuras públicas, dispondrá de grandes oportunidades si toma en consideración los desarrollos que la nano-tecnología puede poner a su alcance: desde los materiales con capacidades mecánicas mejoradas, con notables reducciones de masa, hasta los materiales con funcionalidades de gran interés para ciertos elementos constituyentes de la construcción: aislamientos, materiales resistentes para condiciones atmosféricas extremas y otros.

D. Jordi Pascual Gainza

Director ejecutivo del Institut Català de Nanotecnologia



¿Cuál ha sido el impacto de la creación del Institut Català de Nanotecnologia?

Últimamente se ha producido una explosión de la nanotecnología que trasciende del mundo de la investigación y ha llegado a interesar a la sociedad en general. Se espera mucho de las aplicaciones que se pueden derivar y las perspectivas económicas son extraordinarias.

La Generalitat de Catalunya a través del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI), ha iniciado una serie de medidas para potenciar determinados campos de investigación y desarrollo en los cuales aspira a ser un referente. Entre los campos a potenciar, se ha considerado que la nanociencia y nanotecnología es una de las apuestas claras de futuro.

La Fundació Privada Institut Català de Nanotecnologia (ICN), se constituyó el 11 de julio de 2003. Está regida por un órgano superior de gobierno, el Patronato, formado por el DURSI i la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), tiene un Director i dispone de un Consejo Científico que es el órgano asesor. El Presidente del Patronato es el Conseller de la Generalitat de Catalunya, el Prof. Carles Solà, el Director del ICN es el Prof. Jordi Pascual, Catedrático de Física Aplicada de la UAB y el Presidente del Consejo Científico es el Prof. Miquel Salmerón, del Lawrence Berkeley Laboratory (Ca, USA), que además hace de asesor del ICN.

Inicialmente el ICN se concibió como un instituto catalán de investigación con edificio propio, ubicado en el Campus de la UAB. Con posterioridad, el CSIC mostró su interés en participar en la puesta en marcha de un centro mixto que englobase el ICN y el CSIC. El 18 de mayo de 2005 se firmó un Protocolo de Intenciones entre el DURSI, el CSIC, la UAB y el ICN, a fin de elaborar un Convenio de colaboración. El Convenio está en la última fase de elaboración y se espera se firme en los próximos meses. La persona encargada por parte del CSIC para pilotar el proceso es el Prof. Albert Figueras, Professor d'Investigació. El acuerdo supone que el CSIC se hará cargo de la construcción del edificio, y el DURSI aportará el capital necesario para la compra del equipo científico del centro mixto, que muy probablemente se llame Centre d'Investigacions en Nanociència i Nanotecnologia (CIN2). Cuando el CIN2 esté a pleno rendimiento, se estima que el número de investigadores sea del orden de unos 200.

Aún cuando estamos en fase de crecimiento y consolidación, y esté previsto que tardemos aún unos pocos años para alcanzar el ritmo estable de funcionamiento, podemos avanzar algunas de las características y líneas de trabajo.

El campo de la nanociencia i la nanotecnología es amplísimo y, a fin de diseñar un centro de investigación se han de escoger unas determinadas líneas científicas que den coherencia al centro. Un primer punto a considerar es el entorno en que nos movemos. Así, en el Campus de la UAB están ubicados centros y institutos de investigación potentes en temas afines. Es el caso de la propia UAB, con Departamentos, Servicios Científico-Técnicos y red de hospitales y otros centros asociados; institutos del CSIC, como el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM) y el Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB); MATGAS, asociación de interés económico entre Carburos Metálicos, el CSIC y la UAB; el propio Laboratori de Llum Sincrotró, el ALBA; el Parc Tecnològic del Vallès, etc. En este entorno, que forma parte de la Esfera UAB, nos encontramos cómodos y nuestra voluntad es establecer sinergias en temas de investigación.

A día de hoy, la investigación la estructuramos en cuatro departamentos. Tres con carácter más marcadamente científico y el cuarto, más tecnológico. Esta distinción no es nítida y responde a la voluntad de alcanzar niveles muy altos en investigación básica, pero sin descuidar la necesidad de abordar temas que más directamente inciden en sectores de interés económico y social.

Inicialmente, los tres departamentos más científicos desarrollarán su actividad en los siguientes ámbitos:

- Modelización, simulación, imaging y manipulación atómica i molecular
- Síntesis y funcionalización de nanoestructuras
- Propiedades físicas de nanoestructuras

Además de esta estructura de organización vertical, se piensa abordar también objetivos en función de los *outputs*, en una perspectiva horizontal del centro. En este sentido, tenemos intención de incidir en temas como metrología, instrumentación, energía, nanobiosensores y aplicaciones médicas.



¿Qué papel juega la Nanotecnología en el Plan Regional de Investigación Científica y Técnica de la Comunidad de Madrid (IV PRICYT)?

La nanotecnología ha acaparado durante los últimos años un creciente interés debido a las prometedoras previsiones de futuro, en cuanto a sus posibilidades y aplicaciones, en un amplio rango de disciplinas. Precisamente, es en este carácter multidisciplinar dónde radica una de las dificultades a la hora de trabajar y estudiar el amplio campo de la Nanotecnología. Cuando se recaba información, se consulta un artículo, una base de datos o, simplemente se habla de Nanotecnología, nos encontramos con que los expertos que trabajan en ésta desde las disciplinas (Medicina, Física, Ingeniería, etc.), han desarrollado su propia visión de lo que supone la nanotecnología. Este hecho supone una dificultad a la hora de obtener una visión multidisciplinar y global de la nanotecnología.

Con frecuencia se dice que la nanotecnología es potencialmente “disruptiva” o “revolucionaria” por sus efectos en los métodos de producción industrial. Se trata pues, de una tecnología que ofrece posibles soluciones a muchos problemas actuales mediante materiales, componentes y sistemas más pequeños, más ligeros, más rápidos y con mejores prestaciones. Lo que permite generar nuevas oportunidades de creación de riqueza y empleo. También se considera que la nanotecnología puede hacer una aportación esencial a la solución de problemas medioambientales de carácter mundial por el desarrollo de productos y procesos más ajustados a usos específicos, el ahorro de recursos, y la disminución de misiones y residuos.

Son de gran importancia también las actividades relacionadas con la educación y la formación; en particular, existe un margen para mejorar la actitud empresarial de los investigadores, así como la buena disposición de los ingenieros de producción respecto al cambio. Por otra parte, la realización de una verdadera investigación interdisciplinaria en el área de la nanotecnología requiere nuevos planteamientos de educación y formación aplicables tanto a la investigación como a la industria. Por último, los aspectos sociales (como la información y la comunicación al público, las cuestiones sanitarias y medioambientales, y la evaluación del riesgo) son otros tantos factores clave para asegurar el desarrollo responsable de la nanotecnología y la satisfacción de las expectativas de los ciudadanos. La confianza del público e inversores en la nanotecnología será crucial para su desarrollo a largo plazo.

La región de Madrid no se está quedando rezagada, sino que se está convirtiendo en un referente, tanto a nivel nacional como europeo, de la investigación en las distintas áreas de conocimiento que abarca las nanociencias y la nanotecnología. Esta tecnología se está convirtiendo en uno de los campos de la I+D cuyas perspectivas de rápida expansión van a dar un nuevo impulso a la consecución de los objetivos de una economía dinámica basada en el conocimiento tal como recogía el Consejo Europeo de Lisboa del año 2000.

Esta apuesta decidida de Madrid por las nanociencias y la nanotecnología se hace patente en el IV Plan regional de Ciencia y Tecnología, donde se recoge como una de las principales líneas científicas tecnológicas, de carácter estratégico para la región, a desarrollar en los próximos 4 años. Asimismo, el IV Plan Regional recoge e impulsa la interrelación entre la comunidad empresarial, grupos de investigación y administraciones públicas y la creación de un Instituto Madrileño de Investigación en nanotecnología. En este sentido, la Dirección General de Universidades e Investigación ha puesto en marcha en este año la convocatoria de ayudas para la realización de programas de actividades de I+D entre grupos de investigación de la Comunidad de Madrid en la que la financiación prevista para el área de nanotecnología, asciende a 7 millones de Euros.

La administración regional participa en el desarrollo del proyecto europeo Nanomat, el cual ha permitido realizar el estudio “nanotecnología en España” en un marco de referencia continental. El proyecto Nanomat es una iniciativa del VI Programa Marco de la Unión Europea, en el que participa la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid, para la realización de estudios de vigilancia tecnológica, realización de proyectos de investigación y formación a países del centro y este de Europa, en las áreas de la Inteligencia Económica y Tecnológica relacionadas con la Nanotecnología. Gracias al mismo, países como Polonia, la República Checa o Rumania por citar solo algunos, esta

recibiendo una formación y conocimientos que reforzarán su integración en el área de la Nanotecnología entro del Espacio Europeo de Investigación. La situación española alcanza ya casi el 2% de la producción mundial en publicaciones científicas, y tiene en la región de Madrid su máximo exponente.



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

Innovaciones

Los artículos que figuran en esta sección están evaluados por el Consejo Científico de la Revista madri+d.

HISPANAGAR S.A.

Hispanagar S.A. es una empresa española avalada por más de medio siglo de experiencia en el campo de la fabricación de productos derivados de algas marinas.

mCentric

mCentric es proveedor de infraestructura de telecomunicaciones, esta empresa proporciona servicios y aplicaciones móviles de alta calidad en el área denominada "servicios de valor añadido" o SVA.

INGENIERÍA VIESCA, S.L.

Empresa dedicada a la Electrónica de Potencia para el mercado de las energías renovables y ferroviario, en concreto, diseño y fabricación de convertidores de potencia.



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Algunas cifras relativas a la Nanotecnología en España de acuerdo con los resultados del proyecto "Mapping Excellence in Science and Technology across Europe"

Jesús Rodríguez Pomedá

Profesor Asociado de Organización de Empresas
Universidad Autónoma de Madrid
jesus.pomeda@uam.es

En octubre de 2003, un grupo constituido por investigadores de la Universidad de Leiden (Países Bajos) y del Fraunhofer Institute Systems and Innovations Research (Karlsruhe, Alemania) publicaron varios informes con los resultados obtenidos en el proyecto "Mapping Excellence in Science and Technology across Europe" (*Draft report of project EC-PPN CT-2002-0001 to the European Commission*).

Los resultados completos pueden consultarse en studies.cwts.nl/projects/ec-coe

Traemos a este número de *madri+d* dedicado a la Nanotecnología algunos de tales resultados estadísticos.

Mapping Excellence in Science and Technology across Europe

Navigation

- Introduction
- Method
- Data collection
- Publications Data
- Patent applications
- Directly to rankings
- Geo interface
- Downloads
- Graduate Course
- Helpdesk
- CWTS Homepage

News

- * Final Reports available in Downloads

Introduction

This is an EC-financed pilot project testing the quality and utility of a bibliometric-mapping tool to identify and locate centres of excellence in science fields. This tool is applied in four fields in the life sciences:

- ▶ Biinformatics;
- ▶ Genetics and Heredity;
- ▶ Immunology; and
- ▶ Neuroscience

as well as in the entire field of Nanoscience and technology (on this site referred to as 'Nanotechnology').

Bibliometric maps are made by taking each field and sub-dividing into further sub-fields (delineation). Looking at the research activity and links between the sub-fields makes the research landscape of each field. Although we make every effort to delineate each field properly, we have to live with the fact that there is no perfect solution. Therefore, the delineation of fields is developed in close collaboration with field experts.

The main task of this pilot is to develop a tool for mapping the research landscape across the European Union and Associated States in the highlighted fields.

The identification of centres within the maps will be accomplished on the basis of bibliometric data. The information we provide for these centres will include non-bibliometric data as well. For each of the fields, we draw a cognitive map depicting the relations between sub-domains within a field. Thus, the map describes the structure of a field. This structure enables us to compile a bibliometric profile of actors, taking into account their specific activity profile within a field. This means that we assess the activity and impact of actors in relation to its activity profile. Furthermore, we use the structure to identify benchmarks for each individual actor.

Contractors of this project are
The Centre for Science and Technology Studies (CWTS), Leiden University, and
The Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (IME-ISI).

Esta primera tabla recoge la clasificación de los diferentes centros de investigación europeos según su rendimiento con relación a la nanotecnología.

Las columnas con los datos reflejan la siguiente clave:

P = número total de publicaciones (en nanotecnología)

CX = número total de citas (excluyendo las autocitas)

P10 = número de publicaciones que están comprendidas en el percentil 10 de las publicaciones más citadas en nanotecnología, con respecto al nivel de agregación seleccionado (Unión Europea, España).

CPP = impacto (número de citas por publicación).

CPP / FCSm = nuestro indicador estrella, que es probablemente una buena medida del impacto relativo. Es el número de citas por publicación (CPP) dividido por la media de citas por publicación en nanotecnología (FCSm).

PS = porcentaje de autocitas con relación al total de citas.

PN = porcentaje de publicaciones no citadas, con respecto al total de citas.

Ahora podemos interpretar las cifras destacando los siguientes resultados:

- El primer centro español que aparece es el Instituto de Ciencia de los Materiales (CSIC), en el lugar duodécimo. Su cifra de publicaciones (129) supera ligeramente el 30% de la cifra que registra el primer centro de la clasificación (411).
- El segundo es el Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad Autónoma de Madrid, con 66 publicaciones.

Ranking	Country	City	Organization	Department	P	CX	PN	CPP	CPP/Cs	PS	PN
1	GERMANY	STUTTGART	MAX PLANCK INST. MET. RES.		411	158	11	2.33	2.05	29.7%	0.0%
2	UNITED KINGDOM	OXFORD	UNIV. OXFORD	DEPT. MAT.	320	227	30	1.85	2.40	37.8%	0.0%
3	GERMANY	MUNICH	MAX PLANCK INST. POLYMER RES.		317	483	3	2.28	2.24	38.9%	0.0%
4	GERMANY	BERLIN	MAX PLANCK SOC.	FRIZ HADER INST.	213	772	12	1.62	2.15	31.4%	0.0%
5	SWEDEN	GOTHENBURG	UNIV. GOTHENBURG		189	907	6	1.94	1.79	28.9%	0.0%
6	GERMANY	KARL	MAX PLANCK INST. MICROSTRUCT. TECH.		183	701	7	2.86	2.82	38.4%	0.0%
7	SWITZERLAND	BASEL	UNIV. BASEL	INST. PHYS.	165	107	7	1.07	1.16	22.5%	0.0%
8	UNITED KINGDOM	LONDON	UNIV. LONDON	DEPT. CHEM.	149	622	30	4.17	2.39	47.3%	0.0%
9	ITALY	PERUGIA	UNIVERSITA' DEL PERUGIA	DEPT. MAT. & INTERFACES	136	610	7	3.76	2.07	30.6%	0.0%
10	ISRAEL	RAMAT GAN	BAR ILAN UNIV.	DEPT. CHEM.	133	175	0	1.32	1.75	30.9%	0.0%
11	GERMANY	POTS DAM	MAX PLANCK INST. SOLIDS & MATERIALS		131	534	8	6.08	4.21	25.5%	0.0%
12	SPAIN	MAIRIC	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS		129	229	3	1.86	1.17	32.3%	0.0%
13	GERMANY	BERLIN	HUMBOLDT-UNIVERSITÄT BERLIN	INST. FÜR THEORETISCHE PHYSIK	128	366	4	2.86	2.53	47.3%	0.0%
14	GERMANY	KARLSRUHE	FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE (FZK)	INST. NANOTECHNOL.	122	0	0	1.00	0.00	0.0%	0.0%
15	GERMANY	DRESDEN	UNIV. INST. SOLID STATE & MAT. RES.		122	789	2	1.56	1.26	31.0%	0.0%
16	GERMANY	BERLIN	UNIV. BERLIN		122	179	3	1.47	1.45	41.9%	0.0%
17	HUNGARY	BUDAPEST	MUNDOPIA ACAD. SCI. RES. INST. TECH. PHYS. & MAT. SCI.		106	130	1	1.26	0.98	48.8%	0.0%
18	GERMANY	GÖTTINGEN	MAX PLANCK INST. BIOPHYS. CHEM.		96	380	5	3.75	1.80	28.1%	0.0%
19	SWITZERLAND	RUSCHLIKON	ETH ZÜRICH	PHY. RES. ZÜRICH RES. LAB.	94	166	8	1.81	2.46	17.3%	0.0%
20	DENMARK	ÅRHUS	UNIV. ÅRHUS	INST. PHYS. & ASTRON.	84	408	8	4.34	3.88	19.6%	0.0%
21	DENMARK	COPENHAGEN	UNIV. COPENHAGEN	THEOR. PHYS.	78	796	6	1.81	1.89	77.5%	0.0%
22	SWITZERLAND	LAUSANNE	UNIV. LAUSANNE	INST. PHYS. EXP.	87	976	6	4.30	1.86	28.0%	0.0%
23	UNITED KINGDOM	BRISTOL	UNIV. BRISTOL	SCH. CHEM. PHYS. & ENVIRONM. SCI.	65	370	2	2.10	2.19	30.2%	0.0%
24	GERMANY	MÜNSTER	UNIV. MÜNSTER	INST. PHYS.	64	899	10	9.82	3.07	27.8%	0.0%
25	FRANCE	GRENoble	UNIV. CLERMONT AUVERGNE	UNIV. CLERMONT AUVERGNE	64	22	0	0.86	1.33	16.1%	0.0%
26	UNITED KINGDOM	BRISTOL	UNIV. BRISTOL	EXPERIMENTAL PHYS. LAB.	64	110	1	1.10	1.20	20.0%	0.0%
27	GERMANY	SACHSENHAGEN	UNIV. SACHSENHAGEN		64	137	0	1.63	1.14	17.7%	0.0%
28	IRELAND	DUBLIN	UNIV. DUBLIN	DEPT. PHYS.	63	761	1	1.91	1.77	25.5%	0.0%
29	HUNGARY	BUDAPEST	MUNDOPIA ACAD. SCI. RES. INST. TECH. PHYS. & MAT. SCI.		61	172	2	2.12	1.97	33.6%	0.0%
30	FRANCE	PARIS	UNIV. PARIS		61	365	6	4.41	2.36	31.0%	0.0%
31	GERMANY	MÜNCHEN	TECH. UNIV. MÜNCHEN	WALTER SCHOTTKY INST.	61	100	6	2.50	2.07	35.0%	0.0%
32	IRELAND	DUBLIN	UNIV. DUBLIN		61	807	6	3.78	3.06	26.5%	0.0%
33	UNITED KINGDOM	BRISTOL	UNIV. BRISTOL	SCH. PHYS. & ASTRON.	59	87	0	1.10	0.83	16.9%	0.0%
34	POLAND	WARSAW	UNIV. WARSAW	INST. PHYS. ALLOTYNSKIOW 32 AG.	72	50	0	0.69	0.20	64.0%	0.0%
35	GERMANY	MÜNCHEN	MAX PLANCK INST. COLLOID & INTERF. PHYS.		70	160	2	2.47	2.04	28.0%	0.0%
36	GERMANY	BERLIN	MAX PLANCK INST. SOLIDS & MATERIALS		70	190	2	2.71	1.69	32.1%	0.0%
37	SWITZERLAND	YVERKON	UNIV. YVERKON		68	199	3	2.93	2.19	32.3%	0.0%
38	FRANCE	GRENoble	UNIV. CLERMONT AUVERGNE		67	197	4	2.94	1.97	36.7%	0.0%
39	GERMANY	KARL	UNIV. KARLSRUHE	FACHBEREICH PHYS.	67	160	1	2.39	1.69	31.9%	0.0%
40	AUSTRIA	VIENNA	UNIV. VIENNA	UNIV. VIENNA	66	147	0	2.25	0.61	38.9%	0.0%
41	SPAIN	MADRID	UNIV. MADRID	DEPT. FIS. MAT. CONDENSADA	66	121	0	1.83	1.70	34.6%	0.0%

Ver imagen ampliada (en formato pdf, tamaño 129 kb)

En España, los 23 centros más relevantes en Nanotecnología tienen la siguiente distribución por Comunidades Autónomas:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	NÚMERO DE CENTROS	PORCENTAJE S/TOTAL
Madrid	10	43.5
Cataluña	6	26
Andalucía	2	8.7
Aragón	2	8.7
Castilla y León	1	4.3
Comunidad Valenciana	1	4.3
País Vasco	1	4.3
Total	23	~ 100

Ranking	Country	City	Organization	Department	F1	F2	F3	GP/MS/Class	F4	F5	
1	SPAIN	MADRID	C.S.I.C. INST CIENCIAS MAT		129	239	0	1.00	1.17	22.2%	84.2%
2	SPAIN	MADRID	AUTONOMA UNIV MADRID	DEPT FIS MAT CONDENSADA	66	121	0	1.00	1.78	26.8%	72.2%
3	SPAIN	MADRID	C.S.I.C. INST CIENCIAS MAT MADRID		41	42	0	1.00	1.24	33.3%	66.6%
4	SPAIN	VILLARREAL	UNIV VILLARREAL	DEPT FIS TEOR	20	143	0	0.7%	3.15	26.7%	76.2%
5	SPAIN	MADRID	C.S.I.C. UNIV FIS CIENCIAS FISIOLÓGICAS Y QUÍMICAS		21	21	0	1.00	0.66	49.4%	77.4%
6	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	DEPT QUIM FIS	29	46	0	1.00	1.29	26.8%	72.4%
7	SPAIN	BARCELONA	C.S.I.C. INST CIENCIAS MAT MADRID		27	1	0	0.04	0.10	56.3%	56.3%
8	SPAIN	ALICANTE	UNIV ALICANTE	DEPT QUIM FIS	21	22	0	1.00	1.40	6.4%	91.4%
9	SPAIN	MADRID	C.S.I.C. INST CIEN	DEPARTAM FISI	19	26	0	1.00	1.09	68.2%	68.6%
10	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	DEPT FIS APLICADA & CAR	18	4	0	0.20	1.99	66.6%	66.4%
11	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	DEPT FIS FUNDAMENTAL	17	26	0	2.00	1.13	16.7%	84.7%
12	SPAIN	LEÓN	UNIV LEÓN	FAC QUIM DEPT FIS MAT	16	6	0	0.20	0.20	78.3%	81.2%
13	SPAIN	MADRID	UNIV MADRID	INSTITUTO TECNOLÓGICO	14	1	0	0.02	0.19	60.0%	50.2%
14	SPAIN	MADRID	UNIV MADRID	DEPT FIS MAGNETISMO APLICADO	14	14	0	1.00	1.90	21.4%	78.6%
15	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	DEPT ELECT ENGIN	13	49	0	2.00	2.62	21.6%	78.6%
16	SPAIN	BARCELONA	C.S.I.C. INST CIENCIAS MAT MADRID	DEPT FIS MAT CONDENSADA	13	9	0	0.64	1.03	60.0%	76.6%
17	SPAIN	MADRID	UNIV MADRID	FAC QUIM DEPT QUIM INORGANICA	13	26	0	2.00	1.12	21.6%	83.6%
18	SPAIN	MADRID	AUTONOMA UNIV MADRID	DEPT FIS TEOR MAT CONDENSADA	13	76	0	6.36	2.80	21.2%	82.1%
19	SPAIN	MADRID	AUTONOMA UNIV MADRID	INSTITUTO CIENCIAS MAT NUCLEARES	13	20	0	1.64	1.80	21.1%	76.9%
20	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	DEPT ELECT	13	17	0	1.26	1.14	46.6%	80.2%
21	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	C.S.I.C. INST CIENCIAS MAT MADRID	12	8	0	0.67	0.80	46.7%	76.6%
22	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	C.S.I.C. INST CIEN	12	26	0	2.17	6.84	38.1%	61.7%
23	SPAIN	BARCELONA	UNIV BARCELONA	DEPT FIS MAT CONDENSADA	11	6	0	0.66	0.63	41.7%	63.6%

Ver imagen ampliada (en formato pdf, tamaño 46 kb)



Sumario

Editorial

Tribuna de debate 

Aula abierta 

Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d 

Bibliografía 

Con otro aire

Nanociencia y nanotecnología

Jesús Rodríguez Pomedá
Profesor Asociado de Organización de Empresas
Universidad Autónoma de Madrid
jesus.pomeda@uam.es

Presentamos en este número de *madri+d* dedicado a la Nanociencia y a la Nanotecnología un breve paseo por algunas de las páginas electrónicas más interesantes en estos campos.

En primer lugar, la página de "*Nanospain*" (Red Española de Nanotecnología), que representa una excelente introducción al mundo de lo *nano*. Presenta multitud de recursos, entre los que destacan los vínculos e informaciones con diversos grupos de investigación activos en este terreno en nuestro país.

www.nanospain.org/nanospain.htm



Estrechamente relacionada con "*Nanospain*", aparece la página de la "Phantoms Foundation", creada en noviembre de 2002 para proporcionar servicios de gestión de proyectos vinculados con la Nanociencia y con la Nanotecnología en convocatorias europeas y españolas, entre ellos, el *Proyecto Phantoms* (Red de Excelencia en Nanoelectrónica -IST/FP5).

www.phantomsnet.net/index.php

HIGHLIGHTS

NaPa

Emerging Nanopatterning Methods

EU/NMP Integrated Project to integrate top down and bottom-up fabrication approaches by extending the miniaturisation route and by strengthening the approach towards self-assembly.

NaPa



Pico-Inside

EU/IST Integrated Project to explore Atomic Scale Technology with the final goal of integrating a logic gate inside a single molecule.

Pico-Inside

NanoSpain

*Spanish Nanotechnology Network
Red Española de Nanotecnología*

Third NanoSpain Workshop (Pamplona - Spain / March 20-23, 2006)

Pamplona 20-23, March 2006
3rd NANOSPAIN WORKSHOP

Nano Spain

Spanish Molecular Electronics Symposium

International Conference on Molecular Electronics
ICoN - Venezuela 2006
November 10-13, 2006

LITHO 2006

Future and Emerging Technologies (IST/FET) - Newsletter nº02 available for download



ERA: Technology Platforms (FP7)



Alpha Transport & DNA

Biological Nanotechnology Department

University of Zaragoza

Spain and New Molecular Electronics

Pico-Inside

ICN, Molecular and Nanotechnology and STW Top

www.phantomsnet.net/Foundation/about_Foundation.php

Grenoble, France
04 - 08 September, 2006

HOME
FOUNDATION
E-NANO
PROJECTS
EVENTS
RESOURCES
HELP

HOME :

Last Updated 25 January, 2006

Foundation purpose & Activities

The **PHANTOMS Foundation** (non-profit organisation) was established on November 26, 2002 (in Madrid, Spain) in order to provide high level Management profile to National and European scientific projects such as Phantoms (Network of Excellence on Nanoelectronics - IST/FP5), NAPA (Emerging Nanopatterning Methods - NMP/FP6 Integrated Project), Pico-Inside (Computing Inside a Single Molecule - IST/FP6 Integrated Project) or NanoSpain (Spanish Nanotechnology Network).

The PHANTOMS Foundation is also working in close collaboration with Spanish and European Governmental Institutions such as FECyT (Spanish Foundation for Science & Technology) or the European Commission to provide focused reports on Nanotechnology related research areas (infrastructure needs, emerging research, etc.).

The PHANTOMS Foundation (Madrid, Spain) focuses its activities on Nanotechnology and Emerging Nanoelectronics and is now a key actor in structuring and fostering European Excellence and enhancing collaborations in these fields. This non-profit Association is also playing an important role as a dissemination platform in national and 6th framework program European funded projects to spread excellence among a wider audience and help in forming new networks.

Current projects and activities:

- Coordinator of the dissemination activities within the Integrated Project NaPa (FP6-NMP): Emerging Nanopatterning Methods
- Coordinator of the dissemination activities within the Integrated Project Pico-Inside (FP6-IST/FET): Computing Inside a Single Molecule

[Nanoforum.org](http://www.nanoforum.org) es una red paneuropea de nanotecnología financiada a través del Quinto Programa Marco con el fin de proporcionar información sobre las actividades europeas en este ámbito, así como apoyar a la comunidad científico-tecnológica europea que actúa en el mismo.

www.nanoforum.org

Home Login Glossary Sitemap Print Search for: Search

nanoforum.org
European Nanotechnology Gateway

nanotechnology applications
nanoscale characterization
nanoscale fabrication
collaboration
collaboration

Chemistry & Materials Health & Nanobio NanoTools & Metrology Information & Communication Transport & Space Energy Science More

Databases
News (1955)
NanoForum reports (20)
Organisations (1921)
Events (983)
Calls & Programs (118)
Publications (330)

Further Information
Education / Career
Press
Investment
Jobs
Vendor list

About NanoForum
NanoForum is a pan-European nanotechnology network funded by the European Union under the Fifth Framework Programme (FP5) to provide information on European nanotechnology efforts and support to the European nanotechnology community. On the NanoForum website (www.nanoforum.org), all users (whether they are members of the public, industry, R&D, government or business communities) can freely access and search a comprehensive database of European nanoscience and nanotechnology (N&N) organisations, and find out the latest on news, events and other relevant information (including education tools, further training, jobs, and other EU projects). In addition, NanoForum publishes its own specially commissioned reports on nanotechnology and key market sectors, the economical and societal impacts of nanotechnology, as well as organising events throughout the EU to inform, network and support European expertise.
For further information please contact Mark Morrison: mark@nano.org.uk

Highlights
nanoforum.org
DISCUSSION BOARD
NanoForum has launched a new **Discussion Forum** feature. At present you can discuss topics in all the main categories on the website. In the future this will be expanded to include specific themes related to events or important EU topics. Use the button on the left of the screen (under "Community") to join in!

nanoforum.org
report
New NanoForum report

Seguidamente proponemos la página de **NNIN**, Red Nacional de Infraestructura para la Nanotecnología de los Estados Unidos, con abundante y útil información, entre la que se incluye una presentación multimedia del profesor S. Tiwari sobre el concepto de Nanotecnología.

www.nnin.org

SEARCH: 60

HOW TO START A PROJECT ■ REU ■ FAQs: GENERAL · TECHNICAL ■ MULTIMEDIA ■ EVENTS ■ ANNOUNCEMENTS ■ CONTACT

NNIN
National Nanotechnology Infrastructure Network
Serving Nanoscale Science, Engineering & Technology

ABOUT NNIN NNIN SITES SERVICES RESEARCH SOCIETY & ETHICS EDUCATION & TRAINING

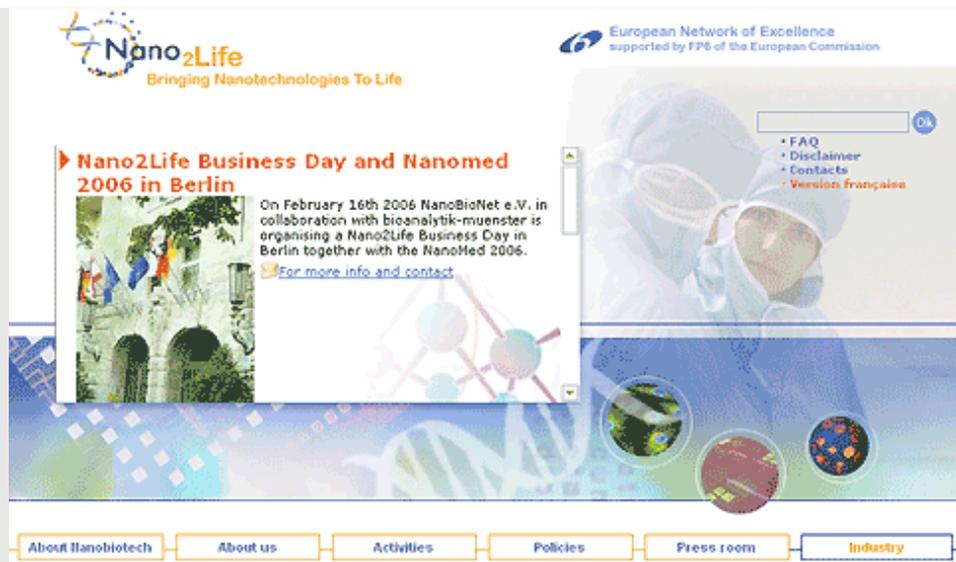
Discussions and Mailings
NNIN Education Portal
NNIN SEI Portal
NNIN Computation Portal
Technical Liaisons
Nanooze
Science Magazine for Kids

Featured Events
Nano-integrated Circuit Fabrication Workshop.
Date: Feb 15, 2006
The Microelectronics Research

What is Nanotechnology? A multimedia scientific discussion at the graduate/undergraduate level by Sandip Tiwari
Additional multimedia instructional presentations

Nano2Life (N2L) es la primera Red de Excelencia Europea en Nanobiotecnología, que se financia mediante el Sexto Programa Marco. Pretende apoyar los esfuerzos europeos para hacer de la Unión un actor de primer orden en el ámbito citado, con especial atención a la transferencia de conocimientos entre los grupos, empresas e instituciones europeas interesadas.

www.nano2life.org



También merece citarse la página del Círculo de Innovación en Microsistemas y Nanotecnología, por su carácter innovador y su trayectoria en los citados campos.

www.madrimasd.org/cimn



A continuación, proponemos la página de la *Red de Nanotecnología de Galicia*, que, con una pretensión modesta, pretende contribuir a la configuración de una estructura reticular de nuevo cuño.

www.nanogalicia.net/cast/default.htm



ongoing flexible services to the Spanish science-technology-business system. It also contributes to identifying opportunities and needs, while proposing types of actions to participants and players in the Spanish system of scientific research and technological innovation.

Misión: To contribute to the strengthening of Spanish science and technology by adding the value captured through integration of scientific research and technological innovation activities and cohesion between public and private institutions and bodies (governments, science, industry, finance, etc). Full development of the new society requires efficient and specialised institutions capable of cooperating amongst themselves and with other scientific organizations, public administrations, innovative industries and financial institutions.

ESICAHNOY.COM

Página Web de la Licenciatura de Físicas de la Universidad Autónoma de Madrid

RED GALLEGA DE NANOTECNOLOGÍA

La Red NanoTec Galicia, no es una red como las que hasta ahora se han usualmente planteado. Es una Iniciativa, aunque inicialmente modesta, de carácter mucho más ambicioso a largo plazo, a imagen de las iniciativas que se siguen en EE. UU. o en Europa. De hecho persigue unos objetivos que van más allá de los encomendados a una Red convencional.

AYUDAS.NET

Buscador de Subvenciones y ayudas.

EURESIDENTES

Portal sobre Nanotecnología y Nanociencia en Español

© Fundación PHANTOMS 2005

Por último, en el portal de "Euroresidentes.com" encontramos la siguiente página con diversa información de utilidad sobre conceptos básicos de la Nanotecnología (¿qué es la Nanotecnología?, Diccionario de Nanotecnología, etc.).

www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm

NANOTECNOLOGÍA

EURORESIDENTES

Anuncios Google
Lista de empresas
Empresas en España
Otras empresas
Empresas españolas
CE empresas

Primer portal sobre Nanotecnología y Nanociencia en español

La revolución **nanotecnológica**, se asocia, por una parte, a la "fabricación molecular" cuya viabilidad tendría un impacto enorme en nuestras vidas, en las economías, los países y en la sociedad en general en un futuro no lejano. Entre los efectos, destacan sus potenciales impactos en la medicina, la biología, el medioambiente, la informática, la construcción... En la actualidad los principales avances prácticos ya se dan en algunos campos: nanopartículas, nanotubos... Los progresos -más cuestionados- en materia de nanorobots y autoreproducción son objeto de polémica entre los expertos... Lo que no cabe duda es que la revolución ha comenzado. Y también el debate sobre sus beneficios y riesgos. En euroresidentes queremos contribuir a difundir toda la información útil a los interesados en un tema de la mayor relevancia científica y social. **Participar en el Foro de Nanotecnología**

Índice de temas

- ¿Qué es la Nanotecnología, concepto?** definición, significado, introducción, inicios, un poco de historia.
- Noticias sobre nanotecnología.** Noticias actualizadas permanentemente a través de los principales medios de comunicación especializados. **Dossier de prensa diario** con las más importantes noticias del sector y abstracts en español.
- Avances en Nanotecnología.** Blog dedicado a la Información sobre los avances en la materia. Más de 60 artículos sobre **avances en nanotecnología y nanociencia**
- Diccionario de Nanotecnología.** Glosario de términos y definiciones más usuales: *Nanociencia, nanotecnología, nanomedicina, buckyball, nanopartículas, Nanobot, Nanobiotecnología, Nanotubos ... (definición e información de cada término).*
- Nano responsable.** Acuerdo con el Center for Responsible nanotechnology para difusión de contenidos. También en portugués - brasileño 🇧🇷

Anuncios Google

IDE-CESEM
Cursos a Empresas Solicite información sin compromiso
www.ide-cesem.com

Energía solar
Formas de ahorrar energía Energía garantizada
www.dim-city.com

Consultoría RR.HH.
Formación práctica a empresas Planes Formación Continua Empresas
www.foro2010economi.com





[Sumario](#)[Editorial](#)[Tribuna de debate](#) [Aula abierta](#) [Investigación](#) [Entrevista](#)[Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología](#) [La I+D en cifras](#)[La I+D en la red](#)[Línea directa con madri+d](#) [Bibliografía](#) [Con otro aire](#)

Línea directa

Asesorías telemáticas del centro de enlace

<http://www.madrimasd.org/MadridIRC/AsesoramientoAuditorias/asesorias/default.asp> 

PROTECCIÓN DE DATOS **PROYECTOS EUROPEOS** **CÍRCULO DE INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES Y ENERGÍA** **VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN BIOTECNOLOGÍA** 

Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

Reseñas bibliográficas

Los artículos que figuran en esta sección están evaluados por el Consejo Científico de la Revista madri+d.



Spain NanoTechnology Think Tank (SNT3, 2004) [+](#)

Autores: FECYT (2005)
Madrid, Especial Nanotecnología, nº 1, febrero.



International Journal of Nanotechnology. Special Issue 'On Nanotechnology in Spain' [+](#)

2(1/2), 2005



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

El Hombre de Flores

"Pequeño y muy listo"

Dícese de aquella nanoespecie cuyo grado de inteligencia se podía asemejar a la del Homo sapiens aunque tuviese una capacidad craneal tres veces más pequeña que la de un niño de tres años y similar a la de un chimpancé.

Patricio Morcillo OrtegaCatedrático de Organización de Empresas
Universidad Autónoma de Madrid
patricio.morcillo@uam.es

"Es la observación, y no la discusión, lo que hace que una persona cambie de opinión."
Hill Rogers



En 2003, un equipo de antropólogos descubrió en una gran cueva caliza al oeste de la isla de Flores (Indonesia) siete esqueletos de unos hombres diminutos que allí vivieron hace 12.000-18.000 años. Lo misterioso de esta nueva especie de extraños minihumanos es que no guarda ninguna relación con el Homo sapiens aunque nadie pueda descartar, a pesar de que unos pocos miles de años les separa, que hayan podido coexistir tres especies inteligentes sobre el planeta: el Homo neanderthalensis, el Homo sapiens y el Homo floresiensis.

El Homo floresiensis tenía una estatura en torno al metro de altura, su peso era de 25 kg y su capacidad craneal de 380 cm³, similar a la de un chimpancé. Para los antropólogos, sigue siendo un enigma la sorprendente inteligencia que demostró el hombre de Flores ya que, con una estatura similar a la de un niño de tres años pero con un cerebro tres veces más pequeño, conocía el fuego y fabricaba útiles líticos complejos, refinados y muy evolucionados con una maestría más propia del Homo sapiens que del Homo erectus. Tales hechos podrían hacernos pensar acerca de la relación entre la capacidad craneal y la inteligencia pero es evidente que el saber no ocupa lugar. ¡Adorables criaturas!

Pero, a lo que íbamos, en la formación de los organismos vivos no hay nada que contradiga las leyes de la química y de la física. El planeta tierra se formó, hace ahora unos 4.500 millones de años, y las moléculas, compuestas de átomos, se organizaron en células para que apareciera entonces la vida. Entre el orden de los primates y la familia de los homínidos que, según toda evidencia, debió surgir hace unos cuatro millones de años, afloró, mucho más tarde, esa nanoespecie, la del Homo floresiensis, que tanto nos sorprende y nos hace reflexionar.

Sospechamos que estos minihumanos eran unos listos, en el buen sentido de la palabra porque mientras que nadie aún ha descubierto las causas de la "enanización" (*dwarfing*) y no dejan de organizarse acaloradas discusiones en torno a la importancia del tamaño, ellos tenían superado esta cuestión. Sabían que el Homo grande consumía mucha más energía que el pequeño y ante esa obviedad renunciaron a crecer puesto que no era requisito imprescindible para sobrevivir.

Los que algún día fueron nuestros vecinos aparcaron a un lado ese cliché tan manido divulgado a bombo y platillo que dice que lo pequeño es bello para concentrarse y acabar por descubrir que lo pequeño es, por encima de todo, útil. En efecto, un reducido tamaño favorece la agilidad, la flexibilidad y, por tanto, la capacidad de adaptación al medio.

Si no fuese porque nos encontramos en España y que no se ha producido ninguna deriva de continentes en éstos últimos 20.000 años podríamos casi asegurar que "*Machaquito*", ese pequeño gran hombre, era un descendiente del hombre de Flores.

Rafael González "*Machaquito*", dio muy pronto sus primeros pasos como matador de toros. Mantuvo una larga y dura competencia con "*Bombita*" y le llamaban "El toreo de la emoción". Este apodo no era debido a la edad prematura con la que empezó a hacer sus pinitos en ese difícil mundo de los toros sino a su corta estatura. Su constitución no le permitía "asomarse al balcón" con facilidad y cuando "*El Guerra*" le vio por primera vez, sentenció a su estilo:

- *Pa sé mataó* de toros jase farta verle el morrillo al bicho y a éste le *farta* una cuarta.

A lo que "*Machaquito*" replicó:

- Delante de los toros crezco una cuarta.

Convertido en doctor en Tauromaquia el 16 de noviembre de 1860, a lo largo de su vida toreó setecientas cincuenta y cuatro corridas y alternó con los grandes maestros de su época como "*El Gallo*" y Vicente Pastor. Sobrevivió cuarenta y dos años a su retirada y murió rodeado de sus hijos y nietos con el respeto de los cordobeses que le nombraron tercer califa de la ciudad sucediendo a "*Lagartijo*" y a "*Guerrita*" y precediendo a "*Manolete*".



[Contents](#)[Forum for debate](#) [Open lecture room](#) 

English version

Forum for Debate:

Nanoscience: atomic and molecular manipulation

The invention of scanning probe microscopy has allowed the manipulation of individual atoms and molecules aiming at forming nanometric functional systems that will be the cornerstone of Nanoscience. In this paper we present some examples of atomic manipulation, starting from the seminal work by Eigler for Xe on Ni and following with recent experiments on semiconducting surfaces carried out by some Spanish researchers. Finally it is shown how the creation of a few defects by Ar⁺ irradiation on metallic carbon nanotubes allows to tune their conductance.

Blanca Biel**Fernando Flores**

Dept. of Physics of the Condensed Matter
C-III
Universidad Autónoma de Madrid

Iván Brihuega**Pedro J. de Pablo****Julio Gómez-Herrero****Cristina Gómez-Navarro****José María Gómez-Rodríguez**

The New Microscopies Lab
Dept. of Physics of the Condensed Matter
C-III
Universidad Autónoma de Madrid

**Óscar Custance**

Graduate School of Engineering
Osaka University

Nanofoton: towards the sub-micrometric light control

Nano-photonics is a field of research devoted to analyze the generation, control and detection of light at scales of the order of or smaller than its wavelength. Also it studies the interaction of light with matter at those scales. In particular, their goals and more important challenges have to do with phenomena in which either the radiation or the matter are confined at sub-micrometer dimensions. In this review paper, we describe three different areas of investigation which have emerged during the last ten-fifteen years: photonic crystals, magneto-photonics and plasmonics.

Alvaro Blanco**Cefe López**

Materials Science Institute of Madrid (CSIC)

Antonio García-Martín**Gaspar Armelles**

Microelectronics Institute (CSIC)

**F.J. García Vidal**

Dept. of Physics of the Condensed Matter, Universidad Autónoma de Madrid

Nanomagnetism

This is a revision of the nanostructured materials' magnetic properties, and, particularly, of the nanoparticles. Huge changes in the magnetic materials' properties arise when its size is reduced to a few nanometers. Also, due to this size effects, some non-ferromagnetic materials in massive state adopt a ferromagnetic behavior when are reduced to the nanoparticles state. Finally, some applications of the magnetic nanoparticles in biomedicine are showed.

M. A. García
P. Marín
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. Materials Physics, UCM

J. M. González
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Materials Science Institute of Madrid
CSIC

P. Crespo
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. of Materials Physics
UCM



A. Hernando
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. of Materials Physics
UCM
Materials Science Institute of Madrid
CSIC

Nanotechnology in Spain

Nanosciences and nanotechnologies are new research and development areas whose objective is to control the matter behavior and fundamental structure at an atomic and molecular level. These disciplines open the doors to the comprehension of new phenomena and to the discovery of new properties that may be used either at a macroscopic or a microscopic scale. The nanotechnologies applications are more and more visible every year and their impact will soon reflect in our way of life. This paper synthesizes the main conclusions of the report "Nanotechnology in Spain", where the situation of nanotechnologies in Spain is described, analyzed and studied.

Joaquín Alonso Andaluz
Fundación para el Conocimiento Madrid+d



Jaime Sánchez Páramo
National Institute of Aerospace Technology

Open Lecture Room:

The potential of the Madrid Region to develop a technological cluster tecnológicos

During the last decade there has been an uprising interest for the concept of "cluster", and, in particular, the concept of "technology cluster" in discussions about industrial policy and local development. And this interest is reinforced by the successful experiences in many regions, both in Europe and in other regions of the world. This article proposes a methodology for the identification of technology clusters as an innovative policy for regional development and promotion. The application of this methodology to the Community of Madrid brings out its location and resource allocation advantages, knowledge and infrastructure endowments, and its complex and dynamic industrial network. All these factors make Madrid qualify for the development of some specific technology clusters.

Isidro de Pablo López
Begoña Santos Urda
Yolanda Bueno Hernández
Fernando Borrajo
Francisco Pizarro
Entrepreneurship and Learning
and Local Development Group
Universidad Autónoma de Madrid



Japan's knowledge districts, technopolis and regions: organizational changes in metropolitan areas

Although the modern economy is a mosaic of interdependent production systems, these are developed supported in economies of mass and transactions, and impelled by actions and public institutions that implement science and technology politics to regional or national scale.

In this development context they emerge new areas for the investigation, technological development and innovation that in this new industrialization process they have particular characteristics.

When we analyze the evolution of the economy, technology and industry, the transformation of the urban areas from the central city toward less urban areas is an indispensable point of view. The city concept has two meanings, one temporary and other spacial, in its relationships with other areas in those that we exercise a great influence. This paper examine an tecnopolitan area of Japan in connection with the changes organized in big areas of metropolitan type, like it is the case of Chubu -area of Nagoya- located in the central region of Japan. The first block outlines the importance of the

science and the technology in the new development. Next, I approach the cities of the science with their main characteristics. And lastly the functions and roles of the Japanese tecnópolis are approached. The pages that continue and the data have been picked up in situ during continuous stays carried out in the last years.

Julio César Ondategui
Universities and Research Directorate
Madrid Regional Government



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Nanociencia: Manipulación a Escala Atómica y Molecular

El invento de la microscopía de proximidad ha permitido la manipulación individual de átomos y moléculas con el objetivo de conformar sistemas funcionales nanométricos que constituyen el núcleo de la Nanociencia. En este artículo presentamos ejemplos de manipulación atómica, partiendo del artículo pionero de Eigler para el Xe sobre Ni y continuando con experimentos recientes en superficies semiconductoras desarrollados por investigadores procedentes del Laboratorio de Nuevas Microscopías. Finalmente se muestra cómo la creación de unos pocos defectos mediante irradiación con Ar⁺ permite ajustar la conductancia de nanotubos de carbono metálicos.

Blanca Biel

Fernando Flores

fernando.flores@uam.es

Dpto. Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

Iván Brihuela

Pedro J. de Pablo

Julio Gómez-Herrero

Cristina Gómez-Navarro

José María Gómez-Rodríguez

Laboratorio de Nuevas Microscopías,
Dpto. Física de la Materia Condensada,
Universidad Autónoma de Madrid

Óscar Custance

Graduate School of Engineering, Osaka University



1. Introducción

El avance y desarrollo de la microelectrónica en los últimos 30 años ha revolucionado nuestro mundo cotidiano a través de los ordenadores y los distintos dispositivos que llenan nuestras vidas. La ley de Moore (que indica una reducción a la mitad del tamaño de los dispositivos electrónicos cada dos años) sugiere que alcanzaremos el tamaño nanométrico en esos sistemas en unos 15 años. Si esta predicción se cumpliera, en ese momento estaríamos manejando la materia al nivel de sus componentes moleculares de forma que, como consecuencia, utilizaríamos las moléculas individuales como componentes de lo que ya se llama apropiadamente la "electrónica molecular".

La nanociencia (y en sus términos más generales, la nanotecnología) aborda este límite de lo nanométrico e investiga la posibilidad de que podamos manipular no sólo moléculas nanométricas sino también átomos individuales. La línea de investigación que espera llegar a este límite reduciendo sucesivamente (de acuerdo con la ley de Moore) el tamaño de los "dispositivos" que manejamos hoy día, se conoce como la línea, o el enfoque, "*top-down*" (de arriba abajo). Sin embargo, con el descubrimiento del Microscopio Túnel por Binnig y Rohrer hacia 1980 (Binnig, 1982), aparece lo que ha venido en llamarse el enfoque "*bottom-up*", por el cual se estudia cómo manipular sistemas cada vez más complejos, partiendo de átomos y moléculas elementales, con el objetivo de conformar sistemas funcionales moleculares que constituyan el núcleo de la citada "electrónica molecular".

Si el invento del Microscopio Túnel (STM), y unos años más tarde del Microscopio de Fuerzas Atómicas (AFM) por Binnig y Quate (Binnig, 1986), representa el comienzo de la nanociencia (al poderse, por primera vez, "ver" átomos depositados en superficies), un trabajo fundamental de Eigler y Schweizer en 1990 abre definitivamente la era de la manipulación atómica y molecular.

El objetivo de este artículo es presentar brevemente algunas ideas básicas y algunos ejemplos sobre lo que se ha conseguido actualmente en el desarrollo de la "ruta" de la manipulación atómica y molecular. Describiremos, primero el experimento de Eigler y Schweizer (Eigler, 1990) y mencionaremos, después, distintas formas de manipulación. En particular, daremos algunos ejemplos de lo realizado en nuestros laboratorios y, finalmente, discutiremos una forma complementaria de manipular las propiedades de la materia (con el ejemplo de los nanotubos de carbono) irradiando con iones; mostraremos cómo la resistencia de estos nanotubos (moléculas orgánicas que pueden jugar el papel de los hilos conductores de la electrónica molecular) puede ajustarse adecuadamente con esa irradiación.

2. El microscopio túnel y la manipulación de átomos y moléculas

La figura 1 presenta un esquema del funcionamiento del microscopio, basado en el control de la corriente que, por efecto túnel, aparece entre la punta del microscopio y una superficie metálica cuando se aplica un pequeño voltaje entre ambas (alrededor de una décima de voltio). Típicamente, controlando esta corriente se ajusta, con un piezoeléctrico, la distancia punta-muestra a un nanómetro con una precisión de 0.01 nanómetros. La punta se mueve, en el modo corriente, a lo largo y ancho de la superficie manteniendo la corriente constante (para un voltaje fijo); de esta forma se obtiene un mapa de la corrugación superficial con detalles de su estructura atómica (lo que se debe a la fuerte localización espacial de la corriente túnel).

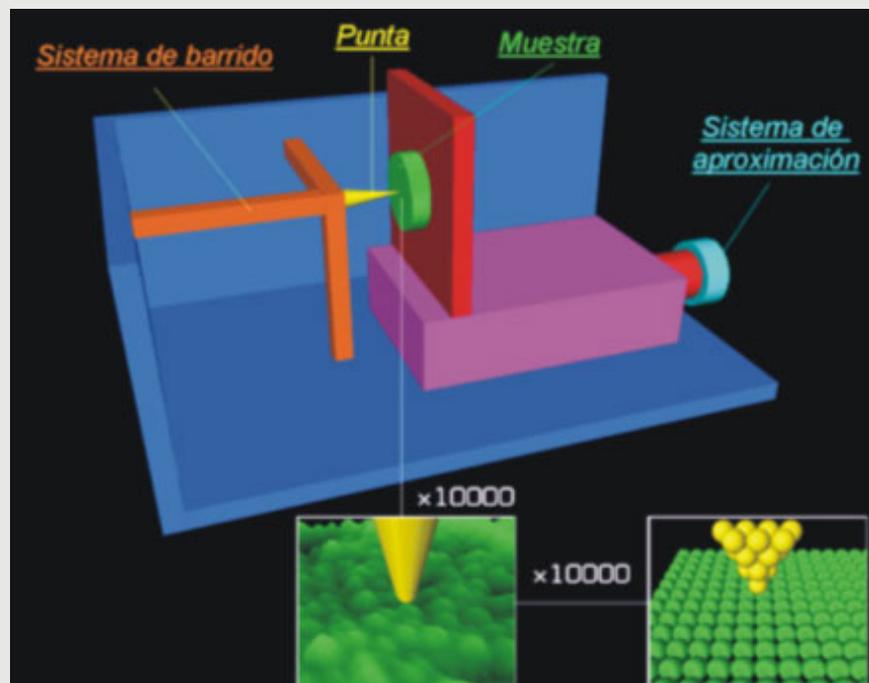




Figura 1: Esquema de un STM (izquierda) y fotografía del STM de ultra-alto vacío y de temperatura variable (40-400 K) completamente diseñado y construido en el LNM (Custance, 2003)

La figura 2 muestra la secuencia de imágenes obtenidas por Eigler y Schweizer (Eigler, 1990) en el proceso de manipulación de átomos de Xe depositados sobre una superficie de Ni (110). Inicialmente vemos unos 70 átomos, puntos brillantes distribuidos aleatoriamente en la superficie; posteriormente cada átomo es manipulado y desplazado a la posición adecuada hasta formar el logo IBM (procesos a, b.f). En cada caso, los átomos se manipulan de la siguiente forma: primero se coloca la punta sobre el átomo de Xe en el modo de lectura; después se acerca la punta al Xe hasta casi tocarlo y se arrastra el átomo a la posición elegida; finalmente, se retira la punta dejando el átomo de Xe en la superficie. En un trabajo teórico de uno de nosotros (Cerdá, 1992), se demostró que este proceso es debido a las fuerzas van der Waals que actúan entre la punta de W y el átomo Xe: en este caso, el Xe es desplazado a lo largo de la superficie por la fuerza de arrastre de la punta. Las fuerzas van der Waals no son tan fuertes, sin embargo, para pegar el Xe a la punta de W, sino que dan lugar sólo a una pequeña fuerza de arrastre que es la que permite la manipulación conseguida en el experimento.

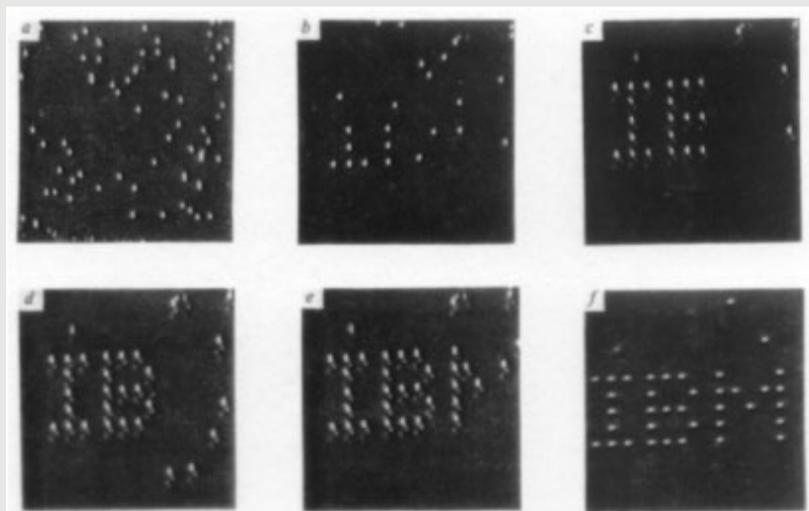


Figura 2: Proceso de escritura con átomos de Xe sobre una superficie de Ni(110) mediante STM (Eigler, 1990).

Dependiendo de las fuerzas entre los átomos adsorbidos y la punta el proceso de manipulación atómica puede ser diferente. En la figura 3 se muestran algunos de estos modos: en el caso a, la punta tira de la muestra (es el caso del Xe); en el caso b, la punta empuja a los átomos (es el caso utilizado para mover moléculas); en el caso c, los átomos se extraen y depositan en la superficie aplicando a veces un voltaje externo adecuado que promueve el salto de los átomos entre la punta y la muestra.

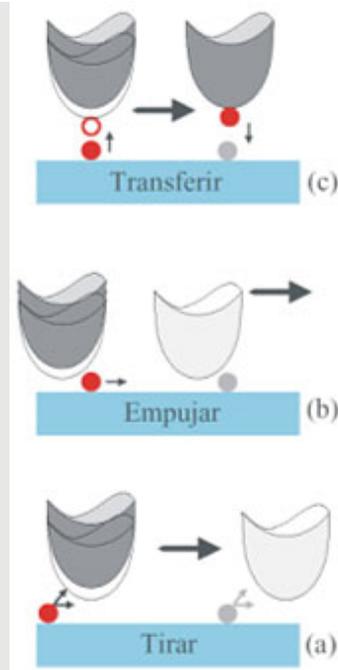


Figura 3: Esquema que muestra algunos modos de manipulación atómica con STM

Un ejemplo de manipulación atómica con STM relacionado con el modo (c) de la figura 3 se ha realizado en el Laboratorio de Nuevas Microscopías (LNM) del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad Autónoma de Madrid (Brihuega, 2004). La superficie escogida para este estudio fue la cara (111) del germanio, la cual presenta una reconstrucción de los átomos en la superficie (esta reconstrucción se denota como $c(2 \times 8)$). Mediante leves contactos controlados entre la punta del STM y la muestra se pueden extraer átomos de la superficie, creando así vacantes individuales (figura 4). Una vez creadas, estas vacantes se mueven por activación térmica de forma espontánea entre distintas posiciones de la red de la superficie. Este tipo de fenómenos de difusión superficial tiene una importancia fundamental en la estabilidad de dispositivos de tamaño nanométrico e influye de forma directa en numerosos procesos que tienen lugar en las superficies de los sólidos: crecimiento de láminas delgadas, reacciones, catálisis, etc. En el presente trabajo, para estudiar cuantitativamente este proceso de difusión, se ha utilizado un STM de ultra-alto vacío y de temperatura variable (entre 40 y 400 K) completamente diseñado y construido en el LNM (figura 1). Gracias a él se han podido estudiar recientemente diversos procesos de difusión superficial (Custance, 2003; Brihuega, 2004), transiciones de fase en superficies (Brihuega, 2005a; Brihuega, 2005b) y propiedades electrónicas (Paz, 2005).

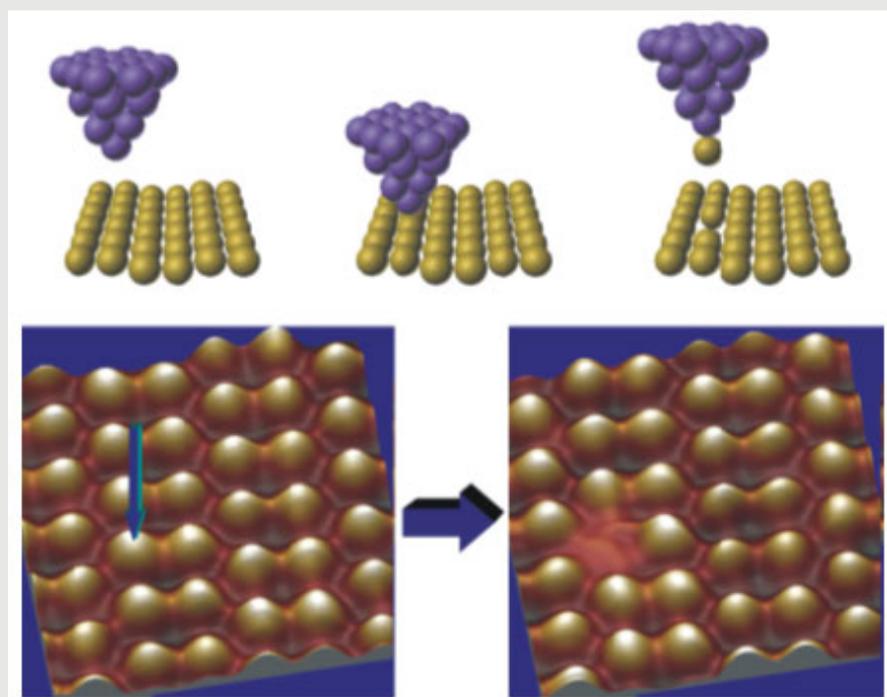


Figura 4: Esquema del proceso de extracción de un átomo de una superficie de Ge(111)- $c(2 \times 8)$ e imágenes de STM antes (izquierda) y después (derecha) de la extracción. El tamaño de las imágenes es $4.7 \text{ nm} \times 4.7 \text{ nm}$ (Brihuega, 2004)

La figura 4 ilustra el proceso de creación de la vacante. Una vez que se ha creado la vacante, su evolución temporal (difusión por la superficie) puede seguirse por medio de "películas de STM", esto es, secuencias de imágenes de STM medidas en la misma región de la superficie. La figura 5 muestra tres imágenes extraídas de una de estas películas en las que se puede observar la difusión de la vacante entre varias posiciones de la red de átomos de la superficie. Estas posiciones se pueden registrar de forma que se obtengan diagramas como el que se muestra en la misma figura 5. Del análisis estadístico de estos diagramas se puede concluir que el movimiento de la vacante corresponde al de un camino aleatorio en dos dimensiones que presenta una cierta anisotropía (Brihuega, 2004). La realización de un número muy elevado de este tipo de medidas a distintas temperaturas (superiores e inferiores a la temperatura ambiente) permitió extraer los coeficientes de difusión en función de la temperatura y de ellos las barreras energéticas correspondientes a la migración de estas vacantes individuales.

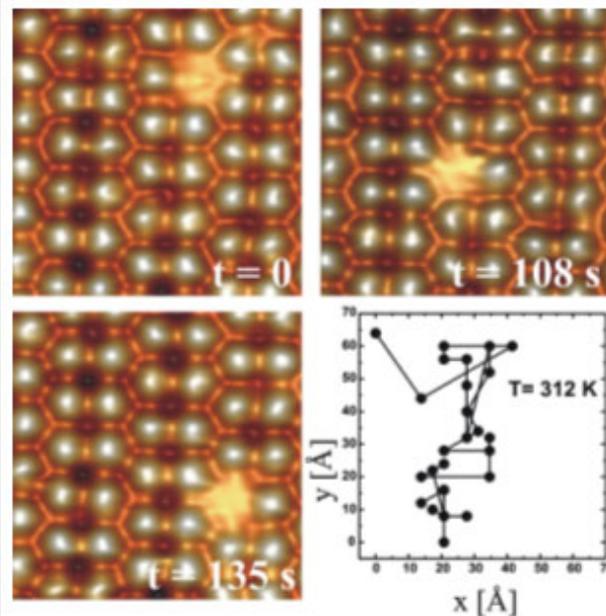


Figura 5: Imágenes extraídas de una película de STM que ilustran la difusión de una vacante creada artificialmente. El diagrama de la parte inferior derecha muestra todas las posiciones ocupadas por la vacante en un tiempo total de 405 s (Brihuega, 2004)

Como se verá a continuación, el conocimiento de estas barreras energéticas puede resultar de vital importancia para estimar la estabilidad de una nanoestructura creada artificialmente, puesto que valores de energías de difusión relativamente bajos para una superficie semiconductor (menores de 1 eV) como en el caso presente (Brihuega, 2004) pueden conducir al desorden de la misma a temperatura ambiente en tiempos del orden de pocos segundos. Éste ha sido el motivo por el cual la mayor parte de los experimentos de manipulación controlada de átomos con STM se ha llevado a cabo en condiciones criogénicas.

Como otro ejemplo reciente de manipulación atómica, nos referiremos aquí al trabajo realizado por uno de nosotros en la Universidad de Osaka en el que se ha propuesto un nuevo método para abordar la creación, átomo a átomo y a **temperatura ambiente**, de nanoestructuras en superficies semiconductoras mediante procesos de manipulación utilizando un microscopio de fuerzas atómicas (AFM). En este trabajo se ha demostrado, por primera vez, la posibilidad de manipular lateralmente átomos individuales a temperatura ambiente con una precisión equivalente a la obtenida en experimentos de STM a temperaturas criogénicas y, adicionalmente, que las nanoestructuras artificiales así creadas permanecen estables sobre la superficie durante relativamente largos intervalos de tiempo (Sugimoto, 2005).

El AFM es un microscopio de proximidad basado en la detección de la fuerza que actúa entre la punta del microscopio y una superficie sea metálica o aislante. A diferencia del STM, el AFM es capaz de producir imágenes con resolución atómica real no solo de superficies metálicas y semiconductoras como el STM, sino también de superficies aislantes. Con el AFM se puede llegar a detectar y medir la fuerza química de corto alcance -el enlace químico- entre el último átomo del extremo de la punta y los átomos en una superficie, siendo esta fuerza la responsable última de la obtención de la resolución atómica real con un AFM. El modo de operación utilizado mide el cambio en la frecuencia de resonancia durante la oscilación forzada de la punta y se conoce como microscopía de fuerzas en modo de no-contacto (NC-AFM); sólo hay unos pocos grupos en el mundo -la mayoría concentrados en Alemania y Japón- que han conseguido desarrollar esta tecnología y obtener resolución

atómica real con NC-AFM en ultra-alto vacío. En España, en concreto, no se dispone todavía de esta técnica.

Experimentos previos de manipulación realizados en el grupo de Osaka utilizando NC-AFM a temperaturas criogénicas (Oyabu, 2003; Oyabu, 2005) proporcionaron las claves para la consecución de la manipulación lateral de átomos individuales de Sn en una superficie Ge (111)-c (2x8). En este sistema, los átomos de Sn presentan un mayor contraste que los de Ge (figura 6), indicando la existencia de una mayor fuerza de interacción química (atractiva) de los primeros con el último átomo de la punta. Utilizando esta propiedad desarrollamos un método de manipulación que permite un control absoluto sobre la dirección en la que los átomos de Sn pueden ser desplazados. Este método nos permitió crear la primera estructura artificial formada por unos pocos átomos embebidos en una superficie a **temperatura ambiente** (figura 6). Una selección de imágenes secuenciales, agrupadas en forma de película, adquiridas durante el proceso de recolocar lateralmente átomos de Sn para crear la nanoestructura que se muestra en la figura 6 puede descargarse de www.nature.com/nmat/journal/v4/n2/supinfo/nmat1297.html.

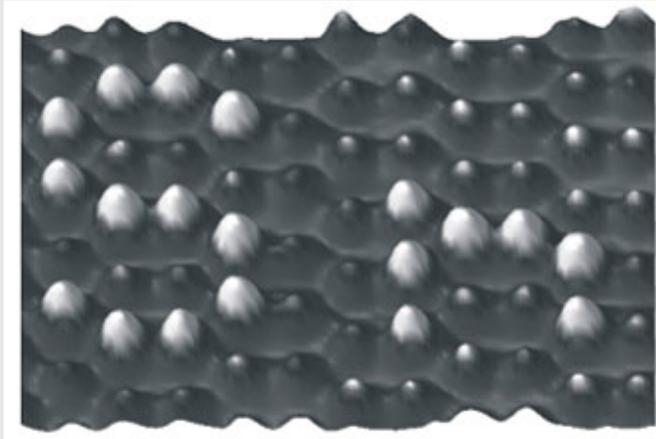


Figura 6: Nanoestructura que forman las letras del símbolo químico del estaño creadas artificialmente sobre una superficie de germanio mediante la manipulación individual de átomos de estaño a temperatura ambiente utilizando un microscopio de fuerzas atómicas (Sugimoto, 2005)

Las medidas que hemos realizado para caracterizar la estabilidad de estos átomos sustitucionales de Sn en la superficie de Ge a temperatura ambiente indican un coeficiente de difusión esperado menor de 5.7×10^{-7} intercambios por átomo de Sn y por segundo. Este dato permite estimar la vida media mínima de las nanoestructuras creadas en esta superficie con el método que hemos propuesto. Si consideramos que la nanoestructura se destruye cuando uno solo de los átomos abandona su posición en un proceso espontáneo de difusión y, ateniéndonos a que estos procesos son estadísticamente independientes, la vida media mínima esperada para la nanoestructura de la figura 6 es mayor de 25 horas. El hecho de que las estructuras permanezcan estables a temperatura ambiente durante intervalos de tiempo relativamente largos plantea la posibilidad de aplicar esta técnica de manipulación atómica en dispositivos tecnológicos. Un ejemplo de aplicación inmediata sería el dopaje selectivo, local y ordenado en patrones de las puertas ("gates") en transistores de tipo MOSFET, en los que recientemente se ha demostrado que posicionar los dopantes en estructuras ordenadas -en contraste con el dopaje aleatorio actual- incrementa las prestaciones del dispositivo (Shinada, 2005).

3. Ajustando las propiedades eléctricas de nanotubos de carbono

Hasta ahora hemos descrito como realizar modificaciones a escala atómica usando la punta de un STM o de un AFM. En lo que sigue vamos a ver cómo la introducción controlada de unos pocos defectos atómicos en un nanotubo de carbono nos permite ajustar su resistencia eléctrica abriendo las puertas a futuras aplicaciones tecnológicas en electrónica molecular.

Los nanotubos de carbono fueron descubiertos por S. Iijima en 1991 (Iijima, 1991). Para definir un nanotubo de carbono lo mejor es construirlo partiendo de una lámina de un cristal de grafito. En esta lámina los átomos de carbono se disponen en los vértices de los hexágonos de una red con forma de panal de abeja. Estas láminas son el elemento básico para construir geoméricamente un nanotubo de carbono. Para ello basta con plegar la lámina hasta formar un cilindro: el ancho de la lámina define el diámetro del nanotubo. Un punto sutil, pero extremadamente importante para las propiedades electrónicas de los nanotubos, es que dependiendo de la dirección del plegado los nanotubos pueden ser metálicos o semiconductores, lo que es una propiedad sumamente interesante para la construcción de circuitos electrónicos. De hecho ya se ha construido un transistor de efecto

de campo basado en las propiedades de nanotubos semiconductores (Tans, 1998). Además, los nanotubos, metálicos soportan una elevada densidad de corriente: un nanotubo con una sección de alrededor de 1 nm^2 permite corrientes de más de $10 \mu\text{A}$, ($j=10^{13} \text{ A/m}^2$). Un conductor clásico como el cobre, usado frecuentemente en microelectrónica, soporta densidades de corriente máximas 100 veces menores. Por estas razones, los nanotubos son contemplados como uno de los posibles constituyentes básicos de una futura electrónica molecular por lo que entender sus propiedades es una prioridad básica en el campo de la Nanotecnología.

En un nanotubo estructuralmente perfecto, a baja temperatura y bajos voltajes los electrones se mueven libremente sin colisiones con los defectos, vibraciones de la red o con otros electrones del sistema. En este caso, un nanotubo metálico es un conductor ideal unidimensional y su régimen de conducción se denomina balístico (los electrones se mueven como partículas independientes a lo largo del nanotubo). En este régimen, la resistencia del nanotubo es la mínima permitida por la mecánica cuántica: $\frac{1}{2}R_0$ ($R_0=6 \frac{h}{2e^2} \approx 13 \text{ k}\Omega$. R_0 es el llamado cuanto de conductancia); el factor $\frac{1}{2}$ indica que los nanotubos tienen dos canales de conducción en paralelo a lo largo de su eje y cada canal presenta la resistencia ideal R_0 . Si el nanotubo no es perfecto su resistencia va siempre a aumentar, En este contexto, el entender como la resistencia de los nanotubos depende de las impurezas es importante porque ofrecería una posibilidad de ajustar la conductancia del sistema a la situación concreta que más interese.

Recientemente, hemos realizado un trabajo de investigación en donde se demuestra la posibilidad de controlar la resistencia de nanotubos de capa única mediante irradiación con iones de Ar^+ de baja energía ($\sim 100 \text{ eV}$) (Gómez-Navarro, 2005). Cálculos teóricos (Krasheninnikov, 2002) indican que estos iones al chocar con el nanotubo arrancan átomos de carbono creando monovacantes y divacantes en una proporción de aproximadamente $\frac{1}{4}$. El experimento comienza por la adsorción y posterior contacto eléctrico de los nanotubos con un electrodo macroscópico de oro (fig 7). Por medio de un AFM, dotado con una punta metálica, realizamos una imagen de la muestra localizando aquellos nanotubos que estaban parcialmente recubiertos por el electrodo de oro. A su vez, esta punta metálica nos permite, realizar contactos eléctricos en un gran número de nanotubos, hasta localizar uno que tenga carácter metálico y con un diámetro inferior a 1.5 nm . Repitiendo el contacto eléctrico en varios puntos a lo largo del nanotubo establecemos la dependencia de la resistencia eléctrica del nanotubo con la distancia $R(L)$ a bajos voltajes, (a bajos voltaje el choque de los electrones con los defectos es, con muy buena aproximación, elástico en un nanotubo). A continuación, sometemos a la muestra a un dosis de irradiación con Ar^+ y volvemos a medir $R(L)$ para el mismo nanotubo. Este proceso es convenientemente repetido hasta obtener la gráfica de la figura 8 donde se ve la resistencia del nanotubo crece exponencialmente con la distancia y con la dosis de irradiación.

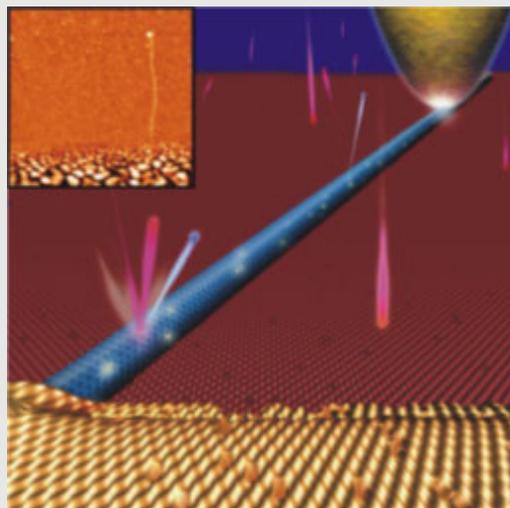


Figura 7: En la figura se aprecia de manera esquemática un nanotubo contactado entre un electrodo de oro macroscópico y una punta conductora que se desplaza a lo largo del nanotubo. Los puntos claros a lo largo del nanotubo representan los defectos creados por los iones de argón que también han sido representados en el dibujo. El cuadro insertado es un nanotubo contactado con el electrodo macroscópico tal y como lo muestra un microscopio de fuerzas atómicas. La imagen tiene un tamaño de $(17 \text{ m} \times 17 \text{ m})$ (Gómez-Navarro, 2005)

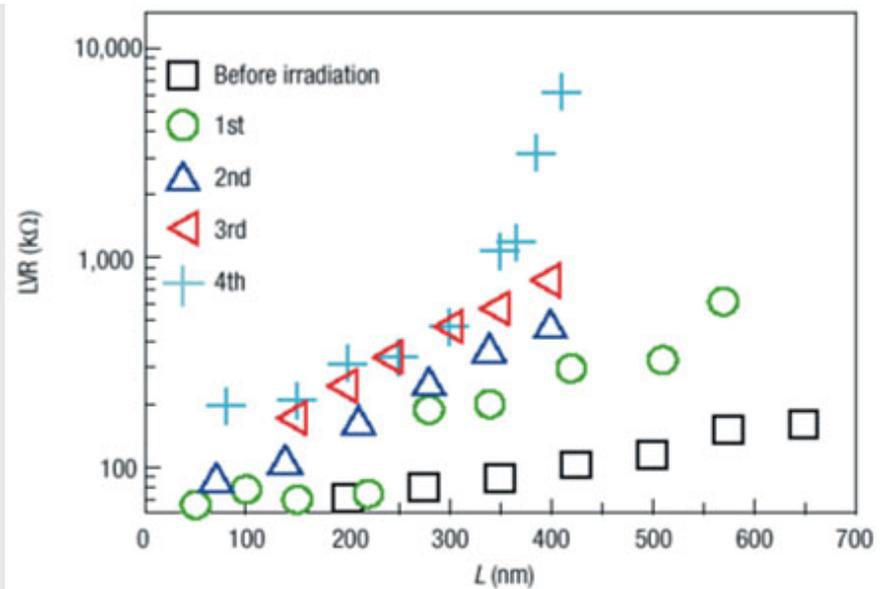
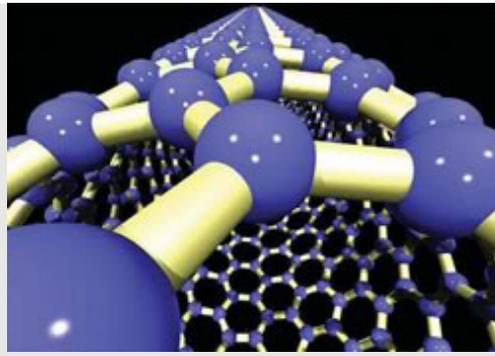


Figura 8: Variación de la resistencia a lo largo de un nanotubo para distintas dosis de radiación (Gómez-Navarro, 2005)

Para entender estos resultados, hay que tener en cuenta la rica fenomenología que muestran los sistemas unidimensionales en presencia de defectos. En particular, si en un conductor unidimensional con un único canal de conducción introducimos defectos, su conductancia G (el inverso de la resistencia; $G_0 = 1/R_0$) cambia con el coeficiente de transmisión del canal: $G = G_0 T$, aquí la transmitividad T será 1 en el caso del conductor libre de defectos y entre 0 y 1 en presencia de defectos (0 indicaría un canal con tantos defectos que ya no conduce). En un conductor unidimensional en los que los electrones choquen elásticamente con los defectos aparece un efecto cuántico interesante: debido a la naturaleza ondulatoria de los electrones estos colisionan con defectos produciendo múltiples interferencias. La transmitividad del canal y por lo tanto su conductividad (o su resistencia) va a depender de estas interferencias. Como consecuencia de esto, la variación de la resistencia eléctrica con la longitud del conductor $R(L)$ tiene una dependencia complicada con la densidad de defectos (el número de defectos por unidad de longitud), cambiando drásticamente con la manera en que estos se distribuyan a lo largo del conductor (configuración). Sin embargo, la magnitud $\langle \ln(R(L)) \rangle$ depende linealmente con L . Esta magnitud es el promedio logarítmico de la resistencia de muchos conductores unidimensionales con la misma densidad de defectos, pero cada uno de ellos con una configuración distinta. Este régimen de transporte se denomina de localización fuerte de Anderson. Por el contrario, si los choques son inelásticos se pierde la coherencia electrónica y con ello los efectos de interferencia, recuperándose el resultado clásico de la ley de Ohm para la resistencia del conductor.

La comparación de los datos experimentales con cálculos detallados, usando una combinación de técnicas de funcional de la densidad y funciones de Green, indica que efectivamente los nanotubos se encuentran en el régimen de localización fuerte de Anderson por el efecto dominante de las divacantes, de tal manera que si aproximadamente 1 de cada 4 iones de Ar^+ creara una divacante se obtendría el aumento de resistencia observado en los experimentos. Esto está en buen acuerdo con los cálculos realizados independientemente sobre la influencia de la irradiación de iones de Ar^+ en nanotubos. Los cálculos teóricos también muestran como la temperatura produce un efecto de promediado similar al producido por el promedio en configuraciones, por lo que a temperatura ambiente la dependencia de la resistencia con la distancia para un nanotubo sigue una ley exponencial (Biel, 2005).

Además, a partir de la medida de la corriente de iones y del tiempo de aplicación de la dosis se puede fácilmente estimar que tan solo un 0.1% de defectos, incluyendo monovacantes y divacantes, producen un aumento de 2 órdenes de magnitud a lo largo de una longitud de nanotubo de 400 nm. No obstante, como solo las divacantes contribuyen significativamente al aumento de la resistencia, concluimos que basta con introducir aproximadamente 3 divacantes cada 10000 átomos de carbono para aumentar 2 órdenes de magnitud la resistencia eléctrica de un nanotubo de 400 nm de longitud. Estos resultados son una indicación clara de la importancia de los defectos en las propiedades de transporte eléctrico de los nanotubos y de cómo usarse la irradiación iónica para su control.



4. Comentarios finales

En este artículo se han mostrado algunos ejemplos de manipulación de superficies con STM y AFM a la escala atómica. Asimismo, se ha explicado cómo la creación controlada de unos pocos defectos atómicos mediante irradiación con Ar permite ajustar a voluntad la resistencia de los nanotubos de carbono. El control a nivel nanométrico de la materia, como aquí se ha ilustrado, será sin duda un elemento central en la futura Nanotecnología.

5. Agradecimientos

Los autores desean mostrar su agradecimiento a la empresa española Nanotec Electrónica S.L. por su continuo apoyo técnico. El programa informático WSxM, de esta compañía, ha sido utilizado en la adquisición, proceso y representación de los datos medidos en las Universidades Autónoma de Madrid y de Osaka. Este programa, distribuido gratuitamente a la comunidad científica, es una iniciativa española para fomentar el desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología.

Bibliografía

- BIEL, B.; GARCÍA-VIDAL, F. J.; RUBIO, A.; FLORES F. (2005) "*Anderson Localization in Carbon Nanotubes: Defect Density and Temperature Effects*", Phys. Rev. Lett. 95, 266801.
- BINNIG, G.; ROHRER, H.; GERBER, Ch.; WEIBEL, E. (1982) "*Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy*", Phys. Rev. Lett. 49, 57.
- BINNIG, G.; QUATE, C. F.; GERBER, Ch. (1986) "*Atomic Force Microscope*", Phys. Rev. Lett., 990.
- BRIHUEGA, I.; CUSTANCE, O.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. M. (2004) "*Surface Diffusion of Single Vacancies on Ge(111)-c(2x8) Studied by Variable Temperature Scanning Tunneling Microscopy*", Phys. Rev. B 70, 165410.
- BRIHUEGA, I.; CUSTANCE, O.; PÉREZ, R.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. M. (2005) "*Intrinsic Character of the (3x3) to (?3x?3) Phase Transition in Pb/Si(111)*", Phys. Rev. Lett. 94, 046101.
- BRIHUEGA, I.; CUSTANCE, O.; UGEDA, M. M.; OYABU, N.; MORITA, S.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. M. (2005) "*Direct Observation of a (3x3) Phase in Alpha-Pb/Ge(111) at 10K*", Phys. Rev. Lett. 95, 206102.
- CERDÁ, J. R.; DE ANDRES, P. L.; FLORES, F.; PÉREZ, R. (1992) "*Transport of Physisorbed Xe Atoms on Ni(1110) Using a Scanning Tunneling Microscope: A Theoretical Approach*", Phys. Rev. B 45, 8721.
- CUSTANCE O.; BROCHARD, S.; BRIHUEGA, I.; ARTACHO, E.; SOLER, J. M.; BARÓ, A. M.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. M. (2003) "*Single Adatom Adsorption and Diffusion on Si(111)-(7x7) Surfaces: Scanning Tunneling Microscopy and First-Principles Calculations*", Phys. Rev. B 67, 235410.
- EIGLER, D. M.; SCHWEIZER, E. K. (1990) "*Positioning single atoms with a scanning tunnelling microscope*", Nature 344, 524.
- GOMEZ-NAVARRO, C.; DE PABLO P. J.; GÓMEZ-HERRERO, J.; BIEL, B.; GARCÍA-

VIDAL, F. J.; RUBIO, A.; FLORES F. (2005) "*Tuning the conductance of single-walled carbon nanotubes by ion irradiation in the Anderson localization regime*". *Nature Materials* , 4 (7), 534.

IJIMA, S. (1991) "*Helical Microtubules of Graphitic Carbon*". *Nature* 354(6348): 56.

KRASHENINNIKOV, A. V.; NORDLUND K.; KEINONEN. J. (2002) "*Production of defects in supported carbon nanotubes under ion irradiation*." *Physical Review B* 65(16).

PAZ, O.; BRIHUEGA, I.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. M.; SOLER, J. M. (2005) "*Tip and Surface Determination from Experiments and Simulations of Scanning Tunneling Microscopy and Spectroscopy*", *Phys. Rev. Lett.* 94, 056103.

OYABU, N.; CUSTANCE, O.; YI, I.; SUGAWARA, Y; MORITA, S. (2003) "*Mechanical Vertical Manipulation of Selected Single Atoms by Soft Nanoindentation Using Near Contact Atomic Force Microscopy*", *Phys. Rev. Lett.* 90, 176102.

OYABU, N.; SUGIMOTO, Y.; ABE, M.; CUSTANCE, O.; MORITA, S. (2005) "*Lateral manipulation of single atoms at semiconductor surfaces using atomic force microscopy*", *Nanotechnology* 16, S112.

PENDRY, J. B. (1994) "*Symmetry and Transport of Waves in One-Dimensional Disordered Systems*." *Advances in Physics*" 43(4), 461.

SUGIMOTO, Y.; ABE, M.; HIRAYAMA S.; OYABU, N.; CUSTANCE, O.; MORITA, S. (2005) "*Atom inlays performed at room temperature using atomic force microscopy*", *Nature Materials* 4, 156.

SHINADA, T.; OKAMOTO S.; KOBAYASHI T.; OHDOMARI I. (2005) "*Enhancing semiconductor device performance using ordered dopant arrays*", *Nature* 437, 1128.

TANS, S. J. M.; VERSCHUEREN, A. R.; DEKKER C. (1998) "*Room-temperature transistor based on a single carbon nanotube*", *Nature*, 393, 49-52.



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

NanoFotónica: hacia el control sub-micrométrico de la luz

La nanofotónica es la disciplina científico técnica que tiene por objeto el estudio de la generación, control y detección de luz en escalas similares o menores que su propia longitud de onda y el estudio de la interacción con la materia a escala nanométrica. En particular sus objetivos y retos más importantes tienen que ver con los fenómenos en que el campo de radiación electromagnética o bien la materia están confinados en tamaños del rango nanométrico. En este campo han surgido con fuerza varias áreas de investigación tendentes a explicar, predecir y aplicar dichos fenómenos y de entre ellos destacaremos los cristales fotónicos, la magneto-fotónica y la plasmónica.

Alvaro Blanco**Cefe López**

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)

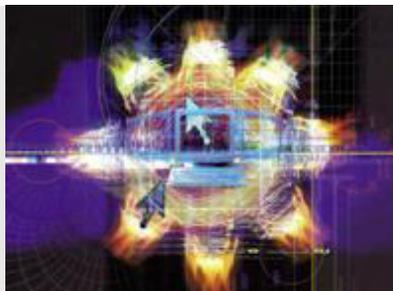
Gaspar Armelles

Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC)

F.J. García VidalDepartamento de Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

1. Introducción

La denominada era de la información que actualmente vivimos es producto de la revolución tecnológica derivada del fuerte desarrollo de la microelectrónica en las últimas décadas. Dicho desarrollo se ha basado principalmente en el transistor como componente básico y se ha puesto de manifiesto por la miniaturización de los componentes electrónicos ya que en el espacio de tiempo de unos años hemos pasado de circuitos milimétricos a micrométricos (mil veces más pequeños que un milímetro) y a nanométricos (un millón de veces más pequeños). Este progreso ha propiciado la integración en microchips de cantidades ingentes de transistores y con ello la dificultad de disipar grandes cantidades de energía. Ésta, en forma térmica, se origina principalmente por las corrientes usadas como portadores de información entre componentes del microchip y ha estimulado la búsqueda de formas alternativas de transmisión de información. Aquí entra en juego la nanofotónica que intenta dar solución a este y otros problemas por medio del uso de la luz como portador de información. Si sustituyéramos los cables de cobre dentro de los chips por conductos fotónicos no sólo evitaríamos en buena medida la disipación térmica en los componentes pasivos del chip sino que podríamos alejar y favorecer la disipación en los componentes activos. Si a esto añadimos que las fuentes de luz pueden ser integradas en los propios chips (microláseres) y que los componentes fotónicos pueden ser dotados de funciones activas y de control (lógica fotónica) el futuro de la fotónica (electrónica asistida por fotónica) es sin duda brillante. Todas estas soluciones son objeto de intensa investigación hoy día y no sólo ofrecen soluciones a la electrónica, que las demanda fuertemente, sino a otros frentes tecnológicos como sensores y, un paso más allá la fotónica molecular que supone la miniaturización máxima.



De entre todos estos componentes que pueden tener su fundamento en la fotónica resaltamos tres ejemplos paradigmáticos. Los cristales fotónicos pueden ser la nueva materia prima para fabricar circuitos fotónicos. Esto incluye tanto fuentes láser de tamaño submicrométrico como canales de conducción (guías ópticas) como componentes lógicos (amplificadores, transistores fotónicos etc.). La magneto-fotónica que puede proveer herramientas de control de luz así como de detección. Y, finalmente, la plasmónica que hace uso de los metales para la alta concentración de luz en volúmenes de dimensiones menores que la longitud de onda, para transportar luz por la superficie nano-estructurada de un metal o para ayudar a transmitir luz a través de agujeros muy pequeños en comparación con su longitud de onda.

2. Cristales fotónicos

Los actuales circuitos electrónicos y el procesado de información están basados en el estricto control de las propiedades de transporte de carga, de las corrientes, en el interior de estas estructuras. Entre otras cosas, dicho control depende de una propiedad fundamental de los semiconductores, como el silicio, llamado intervalo de energía prohibido (gap, en inglés): un rango de energías en el que los electrones ven bloqueada su propagación por el semiconductor. El control de dicho gap electrónico proporciona un grado de versatilidad enorme en el manejo de las corrientes electrónicas y fue el germen del que nació el elemento básico de la microelectrónica: el transistor. Desde la invención del láser, la comunicación óptica (transmisión y procesado de información por medio de impulsos de luz en lugar de impulsos eléctricos) ha progresado rápidamente. Su éxito se ha basado, por un lado, en la eficacia y rapidez de las fibras ópticas en transmitir señales (la luz viaja mucho más rápido y sin resistencia) y, por otro, gracias al desarrollo de los diferentes dispositivos que a modo de interruptores, divisores, etc. hacen que la luz pueda propagarse por circuitos ópticos de forma similar a como los electrones lo hacen por los circuitos electrónicos. Hay sin embargo una diferencia entre estas dos tecnologías: mientras las comunicaciones ópticas sólo se han hecho fuertes en la transmisión de enormes cantidades de datos a grandes distancias, la tecnología electrónica, con medio siglo de ventaja, ha sido capaz de alcanzar tal nivel de miniaturización y de eficiencia en el procesado de señales que ha provocado una revolución tecnológica a finales del siglo pasado. Sin embargo, este desarrollo descomunal tiene que hacer frente a diversos problemas que surgen cuando el grado de integración se acerca a la escala cuántica, o, simplemente, cuando el calor generado en dicha escala es difícil de disipar.

Con el afán de suplir, o aliviar, estas carencias, se ha venido proponiendo que los fotones sean usados de forma similar en vista de su mayor rapidez y menor disipación. El control de los fotones a nivel micro o nanoscópico (en tamaños reducidos) requiere primeramente el desarrollo de materiales semiconductores de fotones, es decir, el silicio de los fotones, con propiedades similares a los electrónicos pero aplicadas a la luz: deben posibilitar el guiado de luz (a modo de cable), y deben poseer un intervalo de energías prohibido, (gap fotónico) similar al de los electrones (gap electrónico). La introducción hace casi veinte años del concepto de cristal fotónico por Eli Yablonovitch y Sajeev John apunta en esa dirección. Éstos son materiales micro y nanoestructurados con formaciones ordenadas de agujeros (o inclusiones) que podrían conducir a una revolución optoelectrónica, haciendo con luz lo que los semiconductores hacen con electrones.

En esencia, un cristal fotónico es un material compuesto por múltiples elementos periódicamente distribuidos que dispersan la luz de una manera coherente y conjunta, cooperativa. Este hecho produce, de manera similar a lo que ocurre con los electrones en los semiconductores, un rango de energías prohibido para la propagación de los fotones, en este caso, un gap fotónico. Mediante la combinación y estructuración de estos elementos es posible diseñar circuitos fotónicos similares a los electrónicos, con sus cables, interruptores, divisores, etc. Estamos pues ante unos materiales con los que, en un futuro cercano, se pueden microchips para la luz.

Los parámetros que definen un cristal fotónico (y de los que dependen sus propiedades) son

principalmente cuatro: *Simetría*, o en qué forma están distribuidos los elementos dispersores, *Contraste Dieléctrico*, que es la relación de índices de refracción de los materiales que forman el cristal (en el caso de agujeros, su índice de refracción sería 1 en el aire y n en el material), *Factor de Llenado*, o relación de volúmenes entre el material y los agujeros y finalmente el *parámetro de red*, o periodo, que nos fijará el rango energético donde operaciones situará el gap.

El primer cristal fotónico que funcionó se hizo partiendo de un bloque de material cerámico en el que se practicaron tres conjuntos de agujeros. En cada grupo los agujeros eran paralelos entre sí y formando 35 grados de inclinación con la vertical. El material así fabricado se ha denominado Yablonovita en honor a su inventor. En dicho diseño los agujeros eran de seis milímetros de diámetro y su distribución periódica cortaba ondas de radio de entre 13 y 16 gigahertzios.

En algo menos de 20 años se ha reducido la escala hasta el rango óptico (longitudes de onda inferiores a la micra) y se han desarrollado algunas aplicaciones basadas en la fabricación de circuitos fotónicos. En éstos la luz es guiada por conductos rodeados de cristal fotónico que impide que la luz se escape ya que se comportan como un material opaco. Asimismo se han fabricado nuevas fibras ópticas, cuya envoltura está constituida por un cristal fotónico, que presentan espectaculares prestaciones y han permitido, por ejemplo, fabricar fuentes de luz de amplio espectro por generación de supercontinuo. La imposibilidad de propagación fue inicialmente propuesta para anular la emisión espontánea (principal fuente de pérdidas en numerosos dispositivos electrónicos y optoelectrónicos) y para localizar luz (y almacenar información). Aunque la aplicación directa de esta idea ha permitido la fabricación de láseres de bajo umbral, este concepto ha dado lugar a nuevas expectativas e interesantes aplicaciones tanto tecnológicas como fundamentales. La microestructura de los cristales fotónicos que produce selectividad en la propagación de distintas longitudes de onda en distintas direcciones se traduce en irisaciones. Este mecanismo se puede explotar para obtener color estructural sin necesidad de pigmentos que, en numerosos casos, son costosos productos tóxicos.

Los métodos de fabricación propuestos y usados han sido tan diversos como la imaginación puede crear pero podemos hacer una clasificación simple entre lo que llamaremos "*de arriba abajo*" (*top down*) y "*de abajo arriba*" (*bottom up*). Los primeros se basan en el procesado por métodos foto-litográficos prestados de tecnologías maduras, a menudo costosos y tecnológicamente complejos. Otras técnicas incluyen la litografía holográfica, o la prometedora escritura directa por láser. Ésta se basa en la polimerización, por absorción de dos fotones, de una resina fotosensible en que se *dibuja* por medio de un láser, a modo de pincel. Posteriormente se *revelan* y extraen las estructuras por disolución de la parte no expuesta. Los segundos, también llamados de auto-ensamblado, están basados en la tendencia natural de ciertos sistemas (moléculas, virus, micropartículas, etc.) a auto-ordenarse. La naturaleza provee numerosos ejemplos como los ópalos, las plumas de los pavos reales o los colores de las alas de ciertas mariposas.

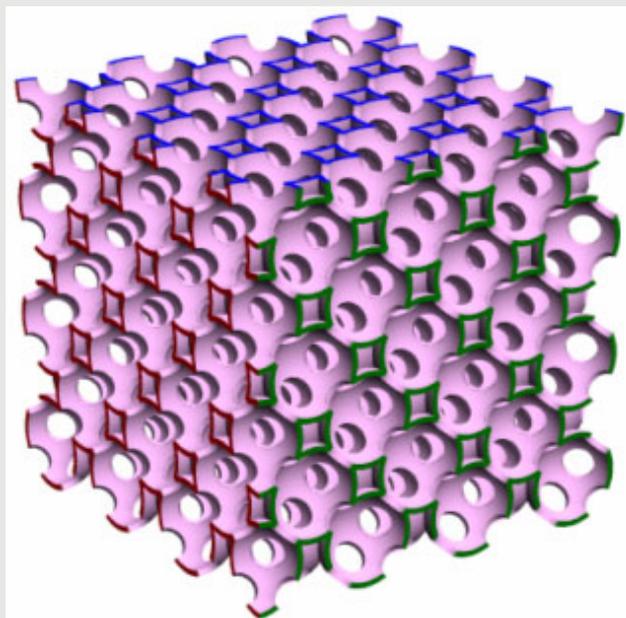


Figura 1: Ópalo inverso obtenido tras infiltrar un ópalo artificial, formado al ordenar esferas submicrométricas, con un material y disolver la matriz inicial. El método permite fácilmente ensamblar grandes cantidades de material comparado con los métodos de arriba abajo. La posibilidad de posterior infiltración con otros materiales potencia sus posibilidades

Uno de los métodos de *abajo arriba* de mayor uso es el ensamblado de ópalos artificiales. Se trata de empaquetamientos compactos de esferas (habitualmente de sílice o de polímero) que se fabrican por sedimentación natural de una suspensión coloidal de dichas nanoesferas. Estos sistemas se han revelado extraordinariamente útiles por su gran versatilidad para ser usados como armazones de arquitecturas más complejas. De hecho la infiltración de estas estructuras con materiales como el silicio dio lugar al primer cristal 3D con un intervalo fotónico completo a la longitud de onda de las comunicaciones ópticas (1.5 μm). Estos métodos pueden ser combinados con otras técnicas como la escritura directa por láser para definir estructuras (guías, circuitos, etc) en el interior del material.

Los métodos de *arriba abajo* destacan por su versatilidad, la cual ocurre a expensas de una complejidad experimental y coste económico elevado, pero que sin embargo los dota de una potencia extraordinaria para producir tanto sistemas 2D como 3D por medio de lo que se conoce como fabricación *capa a capa*. Ésta comienza por la definición litográfica de motivos que son fijados por métodos químicos o físicos en obleas de semiconductor. En un segundo paso se rellenan los huecos y planariza el conjunto con un material de sacrificio para depositar una nueva capa de semiconductor y se repite el proceso. Finalmente, se disuelve el material sacrificial para obtener la estructura final. Como la definición se hace capa a capa se puede incluir cualquier motivo en su interior como guías de onda, resonadores, fuentes de luz, detectores, etc. que quedan enterrados al continuar el crecimiento del resto de la estructura.

Un buen ejemplo de este tipo es la fabricación de cristales fotónicos 3D combinando capas de barras y capas de agujeros. El proceso consiste en la definición y vaciado litográfico de una red 2D hexagonal de agujeros en silicio que se rellenan con sílice para, a continuación cubrirlos de nuevo con una capa de silicio. Aquí se inicia de nuevo el proceso realizando esta vez los agujeros desplazados en relación con la capa anterior. Si se hacen más profundos que el espesor de la capa depositada los agujeros alcanzarán, en parte, la capa anterior (donde ya hay agujeros rellenos de sílice) de modo que en ciertas subcapas los agujeros solapan dejando en rodeando lo que serán columnas. Así se definen capas de agujeros y de columnas que, tras el vaciado de toda la sílice, simulan los enlaces atómicos del diamante: tres brazos en un plano y el cuarto definido por una columna en su intersección. La virtud de este método es que en sólo cuatro procesos litográficos se consiguen siete capas activas.

Un ejemplo prominente de aplicación de los cristales fotónicos es la fabricación de un láser basado en la inhibición de emisión espontánea por medio de un gap fotónico. En este caso, y como material base, se usa un pozo cuántico múltiple como fuente de emisión pero se combina con un cristal fotónico formando una red de agujeros de tamaño nanométrico vaciados litográficamente. A diferencia de un láser ordinario de estado sólido, en éste la emisión ocurre en una zona muy reducida -definida por la ausencia de unos pocos agujeros que constituyen una microcavidad dentro del cristal fotónico- y que incrementan fuertemente la eficiencia del laser. Todo el dispositivo (ver Figura 3) no ocupa más que unas micras y se puede hacer funcional con corrientes de alimentación de algunos microamperios.

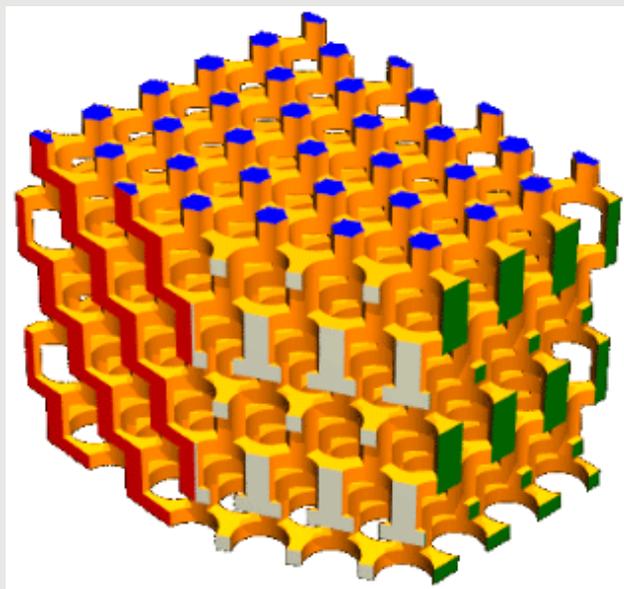


Figura 2: Cristal fotónico 3D fabricado capa a capa por litografía. Las capas compuestas por agujeros (menores de una micra en diámetro) separados por brazos en estrella y las capas compuestas por columnas se alternan simulando los enlaces químicos de una red de diamante

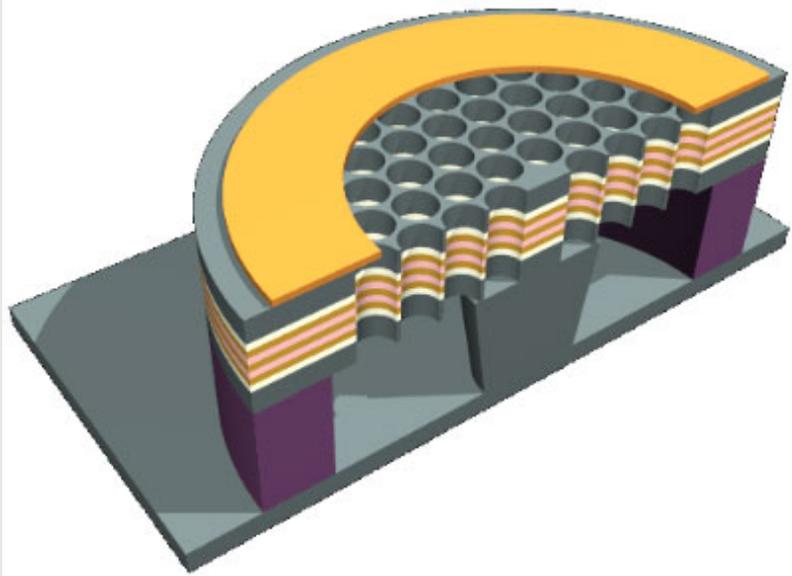


Figura 3: Esquema de láser basado en cristal fotónico 2D. La falta un agujero constituye una microcavidad (menos de una micra de tamaño) donde se concentra el campo electromagnético. El material de que está constituido el cristal fotónico es un pozo cuántico múltiple (multicapa semiconductor) que por sí solo constituiría in diodo emisor de luz (LED). El pilar central en la base sirve como electrodo posterior mientras que el anillo dorado en la cara superior es el electrodo frontal. El cristal fotónico impide que la emisión salga por los laterales del dispositivo y hace que se canalice verticalmente desde la cavidad central

3. Magneto nanofotónica

En 1845 Michael Faraday descubrió que un vidrio podía adquirir actividad óptica al aplicar un campo magnético. Faraday observó que plano de polarización de la luz giraba cuando se aplicaba un campo magnético paralelo a la dirección de propagación de la luz. Treinta y dos años después John Kerr también observó un efecto similar en la luz reflejada por la pieza polar de un electroimán, pieza que era de metal ferromagnético. Ambos efectos, conocidos en la actualidad como Efecto Faraday y Efecto Kerr, son las dos caras de un mismo fenómeno relacionado con la modificación que sufren las propiedades ópticas de los materiales al aplicar un campo magnético. Esta modificación se manifiesta de diferentes formas dependiendo de la orientación relativa del campo magnético aplicado, dirección de propagación y polarización de la luz. Por ejemplo, en la figura 4 vemos tres casos que ilustran los cambios que se pueden producir en la luz reflejada por un material magneto-óptico.

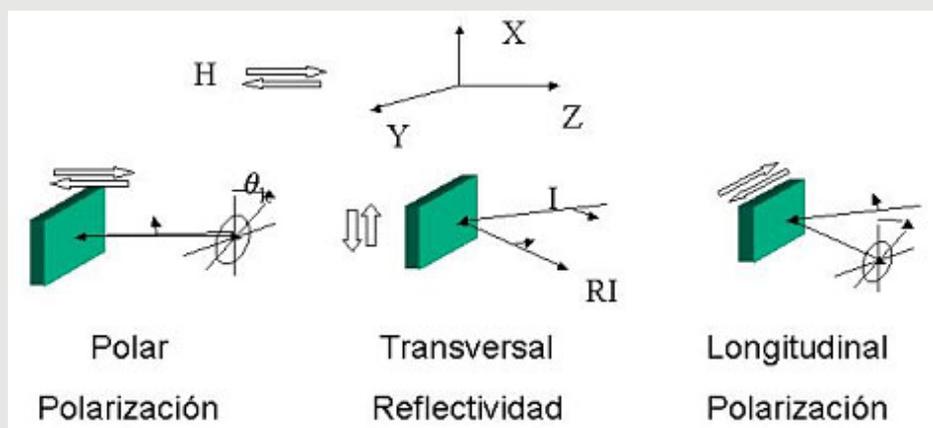


Figura 4. Diferentes configuraciones de aplicación del campo magnético y las propiedades ópticas que se modifican

La posibilidad de controlar las propiedades de transmisión de la luz aplicando un campo magnético ha abierto las puertas al desarrollo de diversos tipos de dispositivos fotónicos activos, es decir dispositivos controlados por un agente externo, cuya función depende de cómo se aplique el campo magnético. En la actualidad existen diferentes materiales con efecto magneto-óptico apreciable a campos magnéticos bajos, y que ya se están utilizando en diversas aplicaciones tales como el almacenamiento de información o el control de las comunicaciones ópticas. Así, para aplicaciones de almacenamiento de información (discos magneto-ópticos), se utilizan metales o aleaciones metálicas ferromagnéticas. En estos discos hay zonas (de unos cientos de nanómetros de tamaño) que se encuentran imanadas perpendicularmente a la superficie y en direcciones opuestas (hacia arriba o hacia abajo) constituyendo los bits de información. Dependiendo de la orientación de la imanación en la zona, la luz reflejada tendrá su plano de polarización girado en uno u otro sentido, lo que permite leer la información del disco. Por otra parte, en las aplicaciones relacionadas con las

comunicaciones ópticas (dispositivos ópticos integrados tales como los aisladores y moduladores) se utilizan materiales transparentes. Para estas aplicaciones los materiales más utilizados hasta la fecha han sido los granates. Hay diversos tipos de granates y, si bien todos ellos son transparentes en la zona del infrarrojo, presentan absorción óptica en la zona del visible. Esto hace necesario el desarrollo de nuevos materiales que presenten propiedades ópticas y magneto-ópticas adecuadas en el rango de longitudes de onda requerido. Muy recientemente se han empezado a desarrollar materiales formados por nanopartículas de metales ferromagnéticos embebidos en matrices transparentes. Estos materiales presentan efectos magneto-ópticos elevados y una absorción óptica aceptable en la zona del visible.

Existen diversas formas de obtener estos materiales, por ejemplo, partiendo de una lámina de aluminio mediante un proceso de anodización electroquímica se puede obtener una lámina de alúmina porosa (óxido de aluminio con poros en su interior). El tamaño de los poros de la capa de alúmina se puede controlar y varía entre 30 y 180 nm y la distancia entre ellos es de unos cientos de nanómetros. Mediante un adecuado control de las condiciones de elaboración o empleando láminas pre-tratadas se puede conseguir capas de alúmina porosa donde los poros presentan un ordenamiento hexagonal perfecto. Estos agujeros se pueden rellenar con otros materiales como por ejemplo un metal ferromagnético, lo que da lugar a que la capa así obtenida tenga propiedades magneto-ópticas inducidas por el metal ferromagnético que rellena los poros. El control del tamaño de los poros y las distancias entre ellos permite la obtención de materiales con propiedades magneto-ópticas diferentes, las cuales pueden ser superiores a los materiales masivos de partida.

En la figura 5 se muestra un esquema de estas nanoestructuras formadas por hilos de níquel en un entorno de alúmina. A pesar de que la cantidad de Ni en las muestras es de sólo el 18% en lugar de obtener una rotación Kerr 5 veces menor, por la reducción de la cantidad de material magneto-óptico, si los hilos tienen un diámetro de 40 nm los valores de rotación Kerr que se obtienen en el visible son equivalentes e incluso superiores a los del Ni masivo.

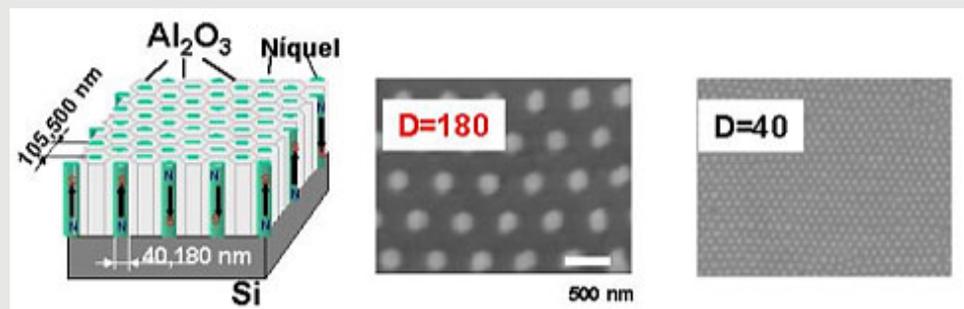


Figura 5. Esquema de una nanoestructura de hilos de níquel en alúmina, junto con micrografías de dos nanoestructuras con la misma densidad de hilos de níquel (18%) pero con tamaños de hilos diferentes. Hilos de níquel de 180 nm separados por 500 nm e hilos de 40 nm separados 105 nm respectivamente

Pero la nanoestructuración no sólo permite conseguir aumentar los efectos existentes en los materiales macroscópicos, además permite manipular la respuesta. Por ejemplo, si en lugar de utilizar hilos de 40 nm de diámetro utilizamos hilos de 180 nm de diámetro la rotación Kerr en el visible disminuye radicalmente y aumenta en la zona del infrarrojo. Esto es extremadamente útil, ya que permite el diseño de materiales prácticamente a la carta, con propiedades ópticas y magneto-ópticas adecuadas en el rango de energía deseados. Así mismo, se puede diseñar el material de forma que las interacciones magnéticas entre los componentes del material permitan que los efectos sean claramente visibles a campos magnéticos suficientemente bajos, de tal manera que el dispositivo sea lo más compacto posible y permita fácilmente su integración.

Las nanoestructuras que hemos presentado en el ejemplo anterior son fundamentalmente dieléctricas. No obstante para muchas aplicaciones en nanofotónica se requiere la utilización de materiales metálicos para propagar la luz (óptica de plasmones). En este caso la utilización de metales que tengan propiedades ópticas que se puedan modificar por un campo externo, por ejemplo un campo magnético, puede permitir desarrollar nuevos dispositivos para el control y manipulación de la luz. Estos materiales se pueden fabricar introduciendo nanopartículas de metales ferromagnéticos en matrices de metales nobles. El material así obtenido tiene propiedades magneto-ópticas, inducidas por las nanopartículas ferromagnéticas, y propiedades ópticas parecidas a los metales nobles, en particular presentan resonancias de plasmon no amortiguadas. Existen diversas posibilidades para fabricar estas nanoestructuras: una forma es generar por métodos químicos capas de nanopartículas tipo cebolla cuyo núcleo es un metal ferromagnético y cuya envoltura es un metal noble, otra es mediante técnicas de deposición de capas delgadas. En estos sistemas los átomos del metal ferromagnético, que proceden de un blanco o fuente, se depositan

sobre un sustrato en cuya superficie hay depositada una fina lámina de metal noble. Los átomos de metal ferromagnético se agregan en la superficie para formar nanopartículas. El tamaño de las mismas y su concentración se pueden variar modificando las condiciones de deposición (temperatura del sustrato y cantidad de material depositado). Posteriormente a la deposición del metal ferromagnético se deposita una capa de metal noble, quedando las partículas embebidas en la matriz de metal noble. Las capas así obtenidas se pueden utilizar para diversos dispositivos y en particular para biosensores de resonancia de plasmón. En este campo se han desarrollado ya los primeros prototipos de biosensores magneto-ópticos, que muestran sensibilidades cinco veces superiores a los biosensores ópticos convencionales. Mediante un adecuado diseño de los materiales se espera que esta sensibilidad pueda llegar a ser 50 veces superior a la de los biosensores actuales.



Figura 6. Ejemplo de estructuras complejas de metal noble combinadas con material magneto-óptico

4. Plasmónica

La superficie de un metal está *decorada* por lo que se conocen como *plasmones superficiales*. Estos son básicamente modos electromagnéticos que se propagan por la superficie de un metal y que se originan en el proceso de interacción de luz con los electrones libres del material. Una característica importante es que estos modos permiten la alta concentración de luz en las superficies metálicas en volúmenes de dimensiones mucho menores que la longitud de onda de la luz incidente. Esta propiedad ha permitido el uso de nano-estructuras metálicas desde hace unos veinte años como sensores químicos basados en el fenómeno conocido como *Surface Enhanced Raman Scattering (SERS)*. Menos utilizada ha sido la propiedad de los plasmones de transportar luz de un punto a otro de una superficie metálica. La razón radica en que en ese proceso de transporte parte de la luz es absorbida por el metal. En metales con poca absorción en el rango visible como el oro o la plata, la longitud típica de propagación es del orden de 100 micras (para distancias mayores que este valor, la intensidad de la luz ha decaído a un valor más pequeño que 1/e del valor inicial). Este valor para la longitud de propagación es demasiado pequeño si estamos pensando en llevar luz de un punto a otro a través de grandes distancias mediante un cable metálico pero resulta suficientemente grande si pretendemos construir circuitos ópticos de dimensiones de unas pocas micras. Por otro lado, el hecho de que en un metal se pueda transportar al mismo tiempo luz (en forma de plasmones superficiales) y corriente eléctrica hace que este tipo de materiales sean muy prometedores. Es por ello que el interés por las propiedades de transporte de los plasmones de superficie ha crecido enormemente en los últimos diez años y de hecho podemos decir que ha surgido una nueva rama de investigación dentro de la Óptica que ya se conoce como *Plasmónica*. El objetivo último de esta rama de investigación sería poder hacer óptica en dos dimensiones: poder llevar luz de un punto a otro en la superficie de un metal utilizando para ello dispositivos ópticos análogos a las lentes, espejos, etc. que se utilizan en Óptica tradicional o incluso construir circuitos fotónicos basados en las propiedades de transporte de los plasmones superficiales.

En la figura 7 mostramos un ejemplo de espejo para plasmones realizado por el grupo experimental que dirige Joachim Krenn en la Universidad de Graz ^[4]. Este espejo consiste básicamente en 5 hileras de esferas de oro de dimensiones nanométricas dispuestas periódicamente sobre una superficie de oro. Las distancias entre esferas y entre hileras están elegidas de tal forma que un plasmón de una longitud de onda determinada es reflejado totalmente cuando incide sobre este sistema.

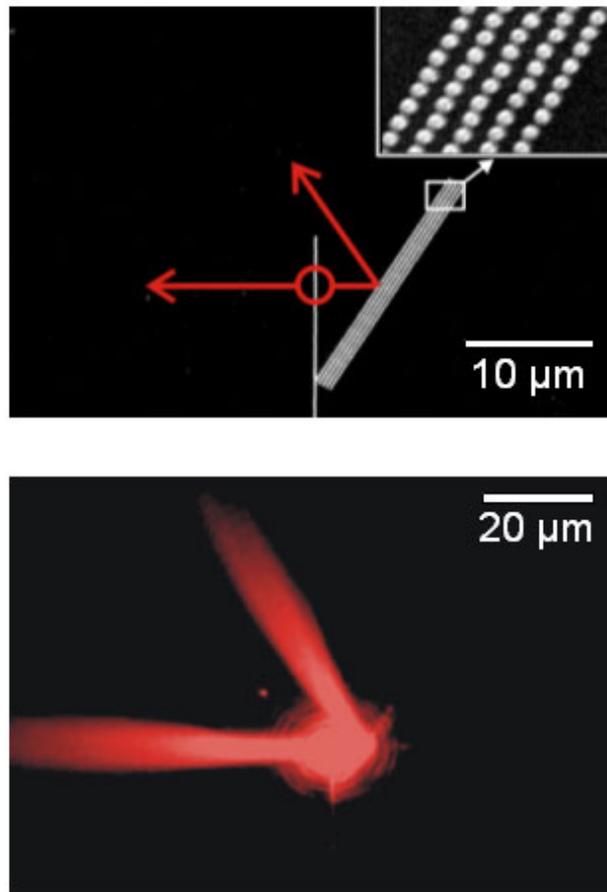


Figura 7. Conjunto periódico de nano-estructuras metálicas que actúa como espejo para un plasmón superficial que viene por la izquierda de la imagen

Como ya se mencionó anteriormente el gran cuello de botella para transportar luz de un punto a otro en escalas pequeñas es poder cambiar la dirección de la propagación de la luz. Una de las estrategias más exitosas en este empeño ha sido crear guías de ondas rodeadas de cristales fotónicos metálicos bi-dimensionales (básicamente conjuntos periódicos de protuberancias metálicas). Como en el caso de los cristales fotónicos dieléctricos, el periodo de estas estructuras es elegido de tal forma que la propagación de un plasmón dentro de este sistema esté prohibida (en términos más precisos, que la longitud de onda del plasmón esté dentro del *gap fotónico* del cristal fotónico metálico). De esta forma la luz en forma de plasmón se propagará dentro de la guía de onda construida y no por el resto de la superficie. Un ejemplo de *embrión* de circuito plasmónico basado en este tipo de ideas se muestra en la figura 8 y corresponde a un *Y-splitter* creado por el grupo experimental que dirige Sergey Bozhevolnyi en Aalborg (Dinamarca) [5]. Sin embargo, el problema de todos estos dispositivos basados en la existencia de *gap* fotónico en la estructura periódica metálica es que parte de la intensidad de luz que se transporta se pierde durante el proceso no tanto por absorción por el metal sino por radiación al aire haciendo que la longitud efectiva de propagación de los plasmones en este tipo de circuitos sea de unas pocas micras en lugar del valor de 100 micras cuando el plasmón se propaga por una superficie de metal que no presentan nano-estructuración. Quizás la mejor forma de utilizar los plasmones superficiales para transportar luz a través de una superficie metálica sea horadando canales en forma de V (*V-grooves*) de tal forma que se puedan excitar los llamados *channel plasmon polaritons* (un tipo especial de plasmones superficiales que presentan alto confinamiento electromagnético y largas longitudes de propagación). Recientemente se ha demostrado que estos modos electromagnéticos pueden tener longitudes de propagación de hasta 100 micras [6].

Aparte de las propiedades antes mencionadas de los plasmones superficiales de almacenar luz en volúmenes muy pequeños y de transportar luz a lo largo de una superficie metálica, desde el año 1998 se sabe que los plasmones superficiales sirven también para transmitir luz a través de agujeros de dimensiones más pequeñas que la longitud de onda de la luz incidente. En un artículo seminal aparecido en Nature [7], el grupo experimental de Thomas Ebbesen en Princeton (USA) demostró que la transmisión de luz a través de agujeros muy pequeños en comparación con la longitud de onda de la luz podía aumentar en varios órdenes de magnitud si éstos agujeros estaban dispuestos de forma periódica sobre una superficie de oro o plata. Este fenómeno era resonante y aparecía para un valor concreto de la longitud de onda de la luz incidente. Ya en ese artículo se sugirió que los plasmones

superficiales eran los responsables de este fenómeno de transmisión extraordinaria. Esta visión se ha visto corroborada por diversos estudios teóricos llevados a cabo por diferentes grupos de investigación durante los últimos años. Aparte de su interés desde el punto de vista fundamental, se han sugerido diversas aplicaciones prácticas del fenómeno: desde la nano-litografía al desarrollo de pantallas, pasando por el diseño de bio-sensores o de dispositivos activos (puertas ópticas) introduciendo en este tipo de estructuras materiales no-lineales.

El análisis teórico de este fenómeno de transmisión extraordinaria demostró que el ingrediente fundamental para observarlo era la periodicidad de la estructura que permitía el acoplo de la luz incidente con los plasmones superficiales. Por tanto, se sugirió que un **único** agujero rodeado de una estructura periódica de trincheras (véase panel (a) en Figura 9) podría dar lugar al mismo fenómeno. Esta hipótesis teórica se verificó experimentalmente en 2002 [8]. En este mismo trabajo se demostró también que si esta corrugación se creaba también rodeando a la superficie de salida del agujero, la luz en vez de emerger difractada en todas direcciones como ocurre cuando el agujero tiene dimensiones menores que la longitud de onda aparecía fuertemente colimada, como se puede observar en el panel (b) de la Figura 9.

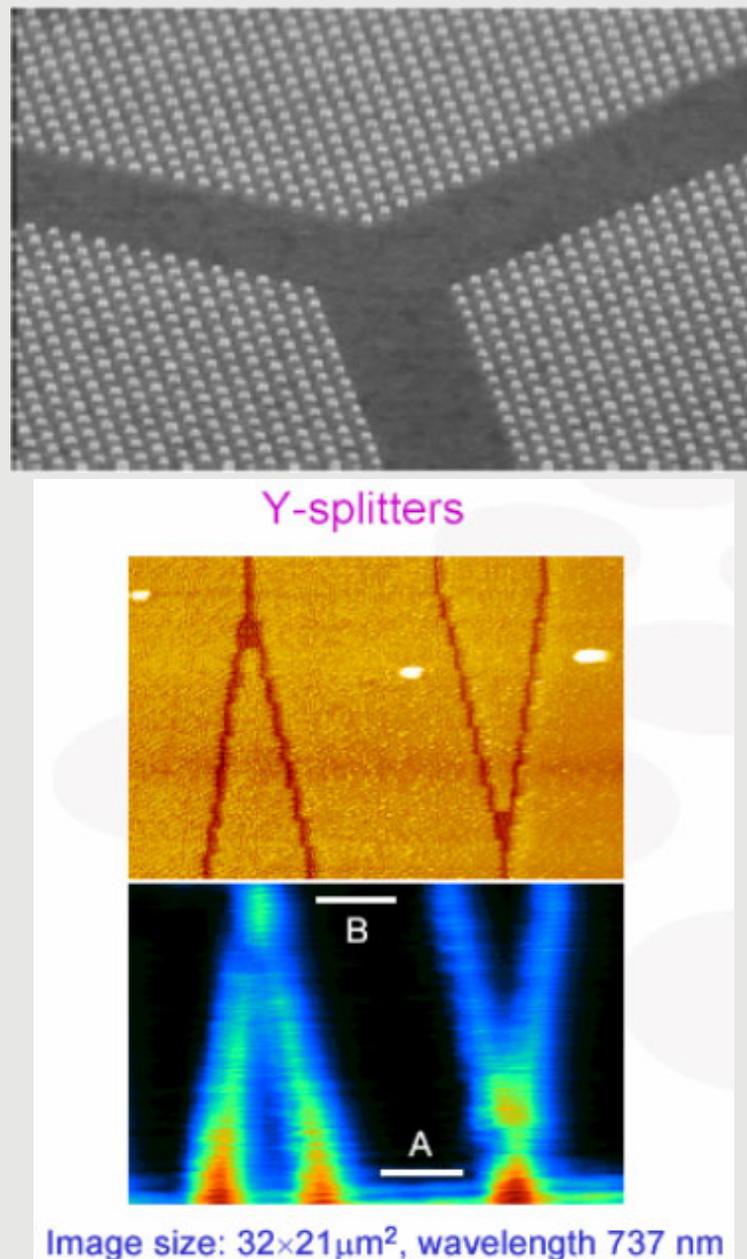


Figura 8. Guía de ondas en forma de Y-splitter creada en un cristal fotónico metálico formado por una red hexagonal de protuberancias de oro depositadas sobre una superficie del mismo material (panel de arriba). En el panel de en medio se muestra una imagen obtenida mediante AFM de la estructura mientras que en el panel inferior se visualiza mediante SNOM la propagación de un plasmón superficial por la guía de ondas

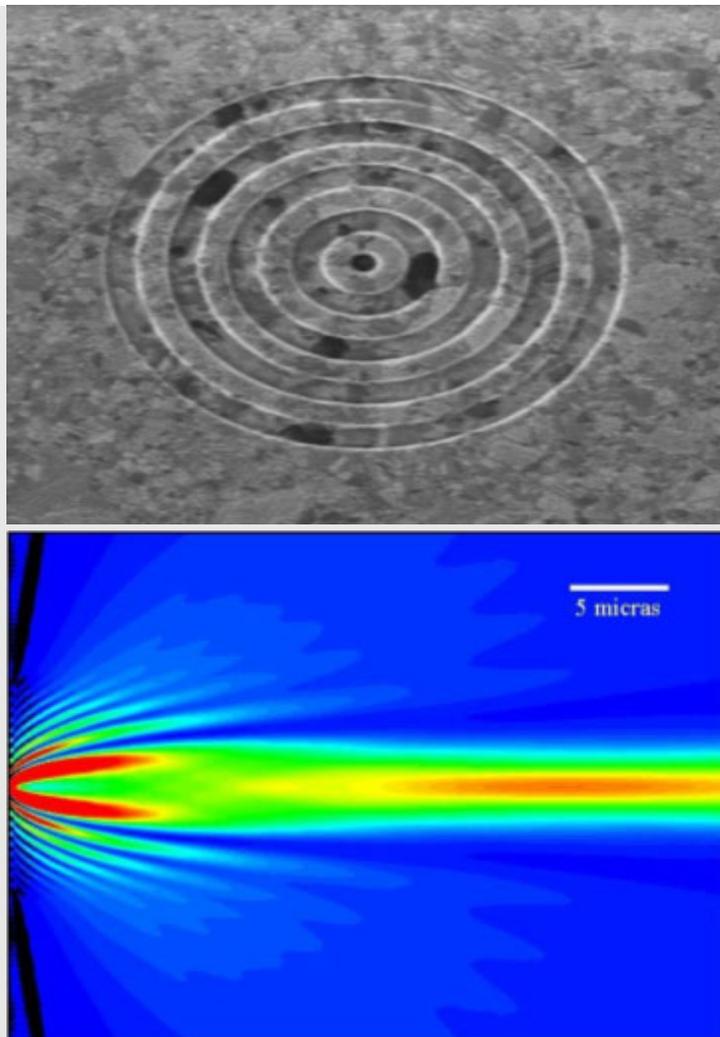


Figura 9. En el panel de arriba se muestra la estructura conocida como ojo de buey: agujero central (en este caso su diámetro es de 90 nm) rodeado de trincheras periódicas concéntricas separadas 500nm y de anchura igual a 250nm. En el panel de abajo se muestra una simulación teórica del fenómeno de colimación de la luz cuando la superficie de salida que rodea al agujero central presenta también una corrugación en forma de ojo de buey

Todos estos resultados muestran el potencial que tienen los plasmones superficiales para almacenar luz en volúmenes pequeños, de transportar luz de un punto a otro dentro de una superficie metálica o de ayudar a aumentar enormemente la intensidad de luz transmitida a través de un agujero de dimensiones menores que la longitud de onda. Actualmente hay un número enorme de grupos que están investigando desde el punto fundamental este tipo de estructuras y durante los últimos dos años han surgido grupos que están analizando las posibilidades prácticas de utilización de los plasmones superficiales en diversos dispositivos ópticos.

Bibliografía

- [1] LÓPEZ, C. (2003) "*Materials aspects of photonic crystals*", *Advanced Materials*, 15, 1679.
- [2] MELLE, S.; MENÉNDEZ, J. L. ; ARMELLES, G. ; NAVAS, D. ; VÁZQUEZ, M. ; NIELSCH, K. ; WEHRSPORN, R. B.; GÖSELE, U. (2003) "*Magneto-optical properties of nickel nanowire gratings*", *Appl. Phys. Lett.* 83, 4547.
- [3] GARCÍA-MARTIN, A.; ARMELLES, G.; PEREIRA, S. (2005) "*Light transport in photonic crystals composed of magneto-optically active materials*", *Phys Rev. B* 86, 205116.
- [4] DITLBACHER, H.; KRENN, J. R.; SCHIDER, G.; LEITNER, A.; AUSSENEGG, F. R. (2002) *Applied Physics Letters* 81, 1762.
- [5] BOZHEVOLNYI, S. I. et al. (2001) *Applied Physics Letters* 79,1076.
- [6] BOZHEVOLNYI, S. I. ; VOLKOV, V. S. ; DEVAUX, E. ; EBBESEN, T. W. (2005) *Physical Review Letters* 95, 046802.

[7] EBBESEN, T. W. et al., (1998) Nature 391, 667.

[8] LEZEC, H. J.; DEGIRON, A.; DEVAUX, E.; LINKE, R. A. ; MARTIN-MORENO, L.; GARCÍA-VIDAL, F. J.; EBBESEN, T. W. (2002) Science 297, 820.



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Nanomagnetismo

En este trabajo se revisan las propiedades magnéticas de los materiales nanoestructurados y más en concreto de las nanopartículas. Se describe como los materiales magnéticos cambian notablemente sus propiedades cuando su tamaño se reduce a unos pocos nanómetros. Además, debido a estos efectos de tamaño, algunos materiales que no son ferromagnéticos en estado masivo pasan a tener un comportamiento típico de materiales ferromagnéticos cuando se encuentran en forma de nanopartículas. Finalmente, se muestran algunas de las aplicaciones de las nanopartículas magnéticas en el campo de la biomedicina.

**M. A. García
P. Marín**

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid

J. M. González

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC

P. Crespo

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid

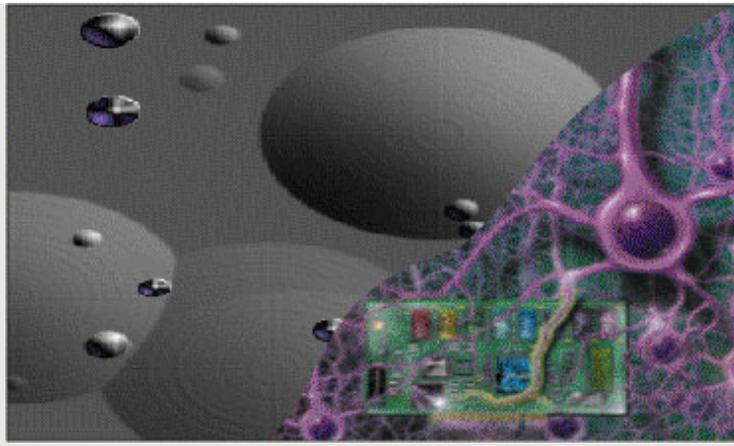
A. Hernando

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC

Autor de contacto: ahernando@adif.es



En 1959, Richard Feynman pronunciaba una conferencia en la reunión anual de la Sociedad Americana de Física titulada "*There's plenty of room at the bottom*" (*Hay mucho sitio ahí abajo*) ^[1] en la cual llamaba a los físicos de todas las especialidades a entrar en un nuevo campo de la física: el estudio de las propiedades de los materiales de unos pocos nanómetros de tamaño (un nanómetro es la millonésima parte del milímetro). Decía Feynman en su conferencia que a esta escala descubriríamos cosas sorprendentes; los sistemas de este tamaño no tendrían las mismas propiedades que los materiales con la misma composición mucho mas grandes, sino que éstas se verían alteradas por los fenómenos de escala. Esta conferencia se considera el nacimiento de la nanociencia y nanotecnología. En aquella época no existían las herramientas necesarias para fabricar, manipular y estudiar estos sistemas nanométricos, pero hoy en día sí es posible hacerlo, y en los últimos años estamos asistiendo a la confirmación de todo aquello que Feynman predijo hace ya casi 50 años.



Efectivamente, si tomamos un elemento de material masivo (de unos milímetros, observable a simple vista) y reducimos su tamaño progresivamente, llega un momento en que sus propiedades físicas (eléctricas, ópticas, magnéticas, mecánicas, etc) empiezan a cambiar drásticamente. Curiosamente, estos fenómenos ocurren cuando reducimos el tamaño del sistema al orden de unos nanómetros con independencia de su composición. Así, si miramos un cubo de oro de 1 cm de lado lo vemos de color amarillo. Si lo cortamos ahora hasta obtener uno de la mitad de tamaño, sigue siendo amarillo. Podríamos repetir la operación muchas veces y el oro seguiría siendo amarillo, pero cuando hiciéramos el cubo tan pequeño que midiera tan solo unos pocos nanómetros pasaríamos a verlo de color rojo. Algo similar ocurre con las propiedades eléctricas. Si tomamos un cubo de cobre, que es un material conductor de la electricidad, y lo vamos cortando en trozos más pequeños, sigue siendo conductor hasta que llegamos a un cubo de unos pocos nanómetros, que pasa a ser aislante. Análogamente, los materiales magnéticos también cambian sus propiedades cuando se hacen pequeños y llegan a la escala del nanómetro.

¿Porque son distintas las cosas a escala nanométrica? Podemos indicar dos razones fundamentales: El hecho de que las longitudes características de muchos fenómenos físicos son precisamente de unos pocos nanómetros y la importancia que adquiere la superficie a esta escala. Vemos algunos ejemplos de cómo estos efectos alteran las propiedades magnéticas de los materiales en la nanoescala.

Los materiales ferromagnéticos están formados por "dominios" zonas donde la imanación es uniforme como muestra la figura 1a. Resulta muy difícil (esto es, requiere mucha energía) mantener dos átomos juntos de un material ferromagnético con el momento magnético antiparalelo. Por ello, la separación entre dominios no es abrupta, sino que está formada por las llamadas *paredes de dominio*, que son zonas en las que la imanación va girando progresivamente (figura 1b). El espesor de estas paredes de dominio es típicamente de unos pocos nanómetros. Cuando aplicamos un campo magnético lo suficientemente intenso en una dirección, la imanación se orienta paralela al campo magnético en todas las zonas del material. Uno de los mecanismos que requiere menos energía para invertir el sentido de la imanación es el movimiento de las paredes de dominio, que hace crecer unos dominios (los que estaban ya orientados paralelos al campo) y disminuir otros como ilustra la figura 1c. Pero en una partícula de unos pocos nanómetros, no caben las paredes de dominio, por lo que no existen, y por tanto, no pueden desplazarse con lo que resulta más difícil invertir la imanación. Esto conlleva que la imanación sea más estable y resulta más difícil invertirla.

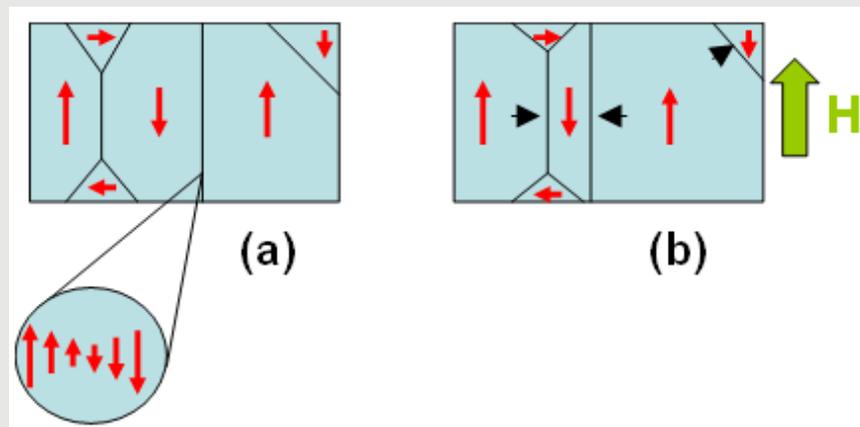


Figura 1. (a) Estructura de dominios de un material. El detalle ilustra la orientación de los momentos magnéticos en una pared de dominio. (b) Al aplicar un campo magnético, las paredes de dominio se desplazan aumentando de tamaño aquellas que estaban orientadas paralelas al campo magnético previamente

Otro fenómeno que afecta a las propiedades de los materiales magnéticos a escala nanométrica es el **superparamagnetismo**, que constituye uno de los problemas tecnológicos más importantes en la actualidad. Los materiales ferromagnéticos son la base de los muchos dispositivos de almacenamiento de información permanente en discos duros y memorias. Estos materiales tienen una dirección preferente, en la cual se puede orientar la imanación de manera estable. Existen por tanto dos posibles orientaciones que corresponden a los dos sentidos, como se muestra en la figura 2, a los que se puede asignar los valores 1 y 0, y utilizarlos de esta manera para almacenar información en formato binario. La estabilidad de la imanación se debe a que para invertirla es necesario superar una barrera de energía cuyo valor es $K \cdot V$, siendo K la constante de anisotropía del material y V el volumen de la partícula (figura 2). Lógicamente cuanto menor sea el volumen de la partícula, menor será esta barrera de energía y resultará más fácil que la imanación se invierta de manera espontánea debido a las fluctuaciones térmicas, que son del orden de $K_B \cdot T$ (K_B constante de Boltzman, y T la temperatura del material) y por tanto independientes del volumen. Consideremos una partícula de cobalto de 100 nanómetros de radio; si la imanamos en una dirección y luego retiramos el campo magnético, el tiempo medio en el que se espera que la imanación se invierta espontáneamente a temperatura ambiente es de miles de años, pero si la partícula tiene 3 nm de radio ese tiempo pasa a ser ..una hora !! El superparamagnetismo tiene una influencia muy importante en el desarrollo de nuevos dispositivos tecnológicos con memorias magnéticas. Actualmente, se fabrican cada vez ordenadores más potentes, que manejan mayor cantidad de información y se necesitan por tanto dispositivos capaces de almacenar información con una densidad cada vez mayor.

Según la ley de Moore ^[2], cada 6 meses se duplica la densidad de información que deben almacenar los dispositivos informáticos. Esto significa que el tamaño de los bits se debe hacer cada vez más pequeño. Estamos llegando a un tamaño en el que los bits no se pueden reducir ya que en ese caso, la imanación se invertiría aleatoriamente debido las fluctuaciones térmicas en tiempos de unos pocos días, perdiéndose la información.

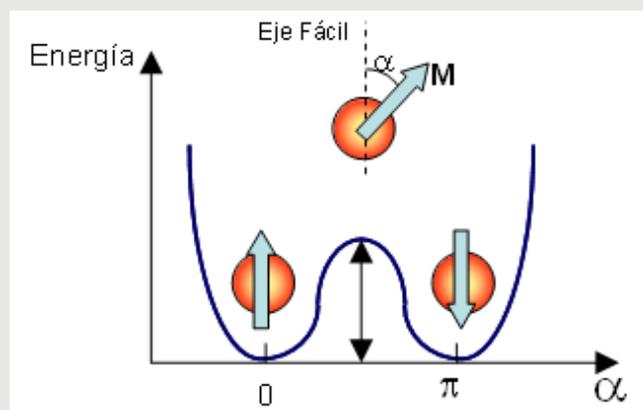


Figura 2. Ilustración de los niveles de energía de una nanopartícula con un eje fácil de imanación, en función de la orientación del momento magnético respecto al mismo (ángulo α)

Si bien en general todas las propiedades físicas se alteran cuando el tamaño se encuentra en la escala del nanómetro, las propiedades magnéticas resultan especialmente sensibles a estos efectos de tamaño. Los procesos físicos que condicionan las propiedades de un material están asociadas a energías del orden del electronvoltio: en un semiconductor, el paso de un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción (esto es, el paso de comportamiento aislante a comportamiento conductor de la electricidad) es típicamente de entre 1 y 3 eV; en cuanto a las propiedades ópticas, cabe señalar que la absorción o emisión de un fotón de luz visible o infrarrojo próximo es del mismo orden. También la energía de creación de un defecto puntual (que condicionan en gran medida las propiedades físicas de los materiales, entre ellas las propiedades mecánicas) es del orden del electronvoltio. Pero las diferencias de energía entre las dos posibles orientaciones del momento magnético de un electrón (que son las responsables del orden magnético) son de unos pocos milielectronvoltios. Por ello, basta una pequeña alteración de la estructura del material que conlleve variaciones del orden del milielectronvoltios en los niveles de energía para que las propiedades del material cambien drásticamente. Consecuentemente, la nanoescala no solo produce cambios cuantitativos en el comportamiento magnético de los materiales (campo coercitivo, tiempos de relajación, etc.) sino también cualitativos como confirman los recientes descubrimientos de que algunos materiales paramagnéticos o diamagnéticos en estado masivo pueden pasar a mostrar un comportamiento ferromagnético a escala nanométrica.

Consideremos el caso del Paladio (Pd). Se trata de un material "casi ferromagnético" ¿Qué significa esto? En un metal los electrones de conducción están ocupando los estados de menor energía hasta un cierto nivel que recibe el nombre de Nivel de Fermi como muestra la

figura 3a. En principio hay el mismo número de electrones con el espín "hacia arriba" que con espín "hacia abajo" (las dos sub-bandas están igualmente pobladas) por lo que el momento magnético neto es cero. Si un electrón quiere cambiar su "espín" tiene que pasar de una sub-banda a otra. Este cambio disminuiría su energía magnética ya que pasaría a ver mas electrones con el espín paralelo que antiparalelo; pero su energía cinética aumentaría puesto que, para cambiar su espín, el electrón tiene que irse a un estado libre de la otra sub-banda (el principio de exclusión prohíbe que dos electrones ocupen el mismo estado con el mismo espín). Si la disminución de energía magnética es mayor que el aumento de energía cinética, este cambio de espín se producirá de manera espontánea, y el material tendrá un momento magnético permanente, esto es, comportamiento ferromagnético (este es el llamado "criterio de Stoner" para el ferromagnetismo). Esta situación podrá darse cuando la separación de niveles energéticos (cerca del nivel de Fermi) sea muy pequeña, o lo que es lo mismo, cuando el material tenga una densidad de estados muy elevada en el nivel de Fermi: en este caso, el aumento de energía cinética cuando el electrón cambia su espín es muy pequeña y puede verse compensada por la disminución de energía magnética. En el Pd masivo, la densidad de estados en el nivel de Fermi no es lo suficientemente alta como para satisfacer el criterio de Stoner, pero esta muy próxima al valor límite. Sin embargo, en una nanopartícula la *densidad* de estados es diferente al estado masivo por lo que dicho criterio podría llegar a cumplirse. De hecho, recientemente, se ha observado que nanopartículas de Pd de 2.4 nm tienen comportamiento ferromagnético (ciclo de histéresis) como se observa en la figura 3b [3].

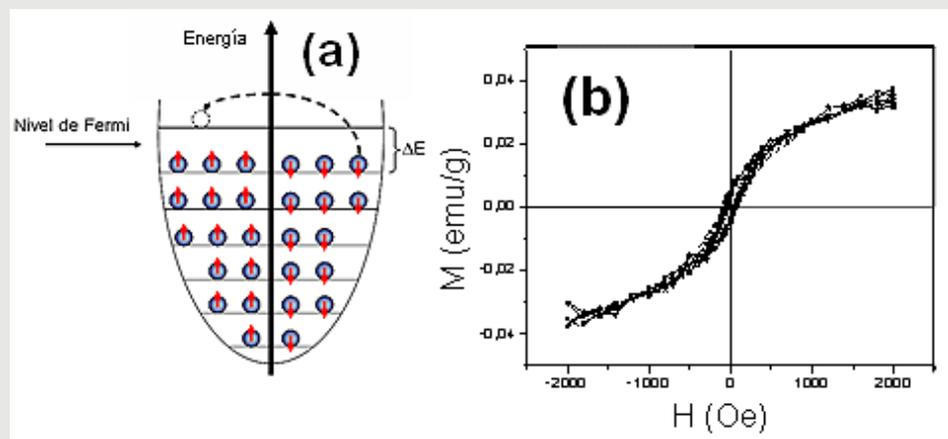


Figura 3. (a) Ilustración de la estructura de bandas de un metal, mostrando los niveles ocupados y los cambios de energía cinética cuando un electrón cambia su espín (b) Ciclo de histéresis de nanopartículas de Pd de 2.4 nm (tomada de ref. [3])

Si bien los efectos de tamaño producen modificaciones importantes de las propiedades magnéticas de los materiales, los efectos de superficie son responsables de las modificaciones aun más espectaculares en su comportamiento magnético. Como hemos indicado anteriormente, en los sistemas nanométricos la superficie adquiere una importancia aun mayor que en el caso de los materiales masivos, debido a la elevada fracción de átomos que se encuentran en ella. Para una partícula de 1 cm de radio, por cada átomo de superficie tenemos 100 millones de átomos de volumen. Son por tanto estos átomos de volumen los que determinan las propiedades de la partícula a nivel macroscópico. Pero si la partícula tiene 1 nm de radio, los átomos de la superficie pasan a ser del orden del 50 % del total. Como es bien sabido, los átomos de la superficie no son iguales que los del volumen: mientras que en el volumen los átomos ven un entorno igual por todos lados, los de la superficie ven dos zonas distintas. Además, los átomos de la superficie tienen menos enlaces, o bien tienen enlaces de otra naturaleza. Algunos experimentos recientes parecen indicar que los efectos superficiales, no sólo modifican las propiedades magnéticas de los materiales sino que originan nuevos mecanismos que pueden dar lugar a un orden magnético; estamos hablando de un nuevo magnetismo que aparece sólo en sistemas nanométricos debido a las características intrínsecas de la nanoescala.

El magnetismo de los materiales masivos esta basado en tres elementos: la existencia de momentos magnéticos, la interacción de canje entre estos momentos (que tiende a mantenerlos paralelos entre si) y la anisotropía (que tienda a orientar los momentos en ciertas direcciones espaciales).

Sin embargo, algunos experimentos novedosos, ponen de manifiesto que en la nanoescala, se puede tener orden magnético sin interacciones de canje. Gambardella y colaboradores [4], han observado recientemente un comportamiento típico de materiales ferromagnéticos en átomos de cobalto aislados depositados sobre la superficie del platino como muestra en la figura 4. Es evidente que si los átomos de cobalto están aislados no puede haber

interacción de canje ya que no tienen cerca otros átomos magnéticos con los que interactuar. En este caso, el enlace entre el átomo de cobalto y los átomos de platino de la superficie bloquea los orbitales atómicos del cobalto involucrados en el enlace (los orbitales 3d, que son también los responsables del momento magnético del cobalto) en la dirección del enlace, lo que da lugar a un comportamiento similar al de los materiales ferromagnéticos. Se trata por tanto de un magnetismo que solo requiere la existencia de momentos magnéticos y la anisotropía. Y recordemos que una de las características intrínsecas de la nanoescala es la falta de simetría (como la que produce la superficie) que genera anisotropía: los átomos de superficie "ven" dos entornos distintos, lo que puede orientar su distribución electrónica de para minimizar la energía y por tanto orientar sus momentos. Este descubrimiento abre la puerta a que en sistemas nanométricos observemos comportamiento típico de los materiales ferromagnéticos (histéresis, coercitividad, remanencia) en materiales que no son magnéticos.

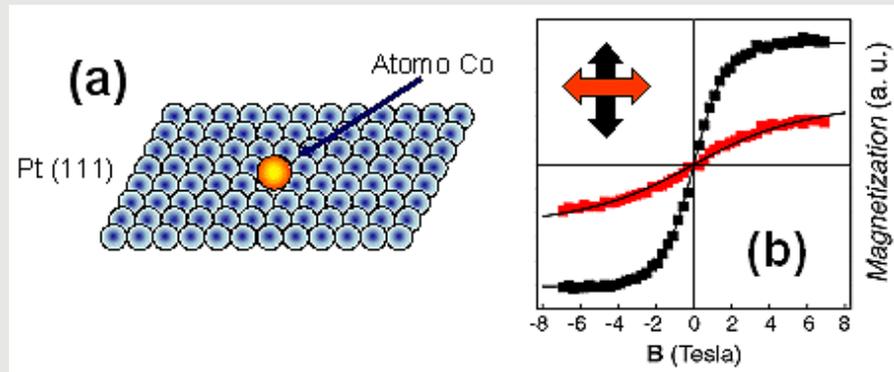


Figura 4. (a) Ilustración de átomos de Co individuales depositados sobre una superficie de Pt [111]. (b)

Comportamiento magnético de los átomos de Co en función de la orientación del campo (de ref. ^[4], cortesía de P. Gambardella)

Otro resultado reciente que muestra la gran modificación del comportamiento magnético de los materiales que se produce en la nanoescala, ha sido la observación de comportamiento ferromagnético en nanopartículas y películas de oro ^[5]. Este caso es aun más sorprendente que el de los átomos de cobalto, ya que, a diferencia del cobalto, el oro es un material diamagnético, sus átomos no tienen momento magnético y sus capas electrónicas están completas. Sin embargo, al recubrir nanopartículas de oro con unas moléculas llamadas tioles (constituidas por carbono, hidrógeno y azufre) que también son diamagnéticas, el resultado es que la nanopartícula se vuelve ferromagnética (figura 5). Cuando la nanopartícula o la película de oro se recubre con tioles, los átomos de azufre que se encuentran al final de la cadena del tiol se enlazan con el oro mediante un enlace covalente. En este fuerte enlace hay una pequeña transferencia de carga del oro hacia el azufre, lo que hace que la última capa electrónica del oro ya no esté completa y aparezca un pequeño momento magnético por cada átomo de oro que se enlaza con un azufre. Este momento magnético está asociado a los electrones que intervienen en el enlace, y queda por tanto orientado en la dirección del enlace, generando un momento magnético permanente que no desaparece en ausencia de campo magnético. Conviene resaltar que la aparición del magnetismo en oro es un efecto de nanoescala. Si recubrimos una partícula de Au de 1 cm de radio con tioles, los átomos de la superficie también serían magnéticos, pero debemos recordar que estos son sólo 1 de cada cien millones. En el caso de la nanopartícula también son los átomos de superficie los responsables del magnetismo y estos constituyen casi la mitad del total. La conclusión de se puede extraer de estos experimentos es que de los tres elementos necesarios para el ferromagnetismo en materiales masivos (momentos magnéticos, canje y anisotropía) el canje no es imprescindible para observar orden magnético en la nanoescala, y los momentos magnéticos y la anisotropía se pueden inducir en la superficie (que representa una fracción importante de cualquier sistema nanométrico). Estos resultados parecen indicar que se ha roto la barrera que limitaba la observación del magnetismo a unos pocos materiales de la tabla periódica y que se puede observar orden magnético en otros materiales: en los próximos años asistiremos a descubrimientos sorprendentes que nos hagan reformular las teorías del magnetismo a tamaño nanométrico y nos ayuden a comprender los aspectos aun desconocidos de los materiales magnéticos masivos.

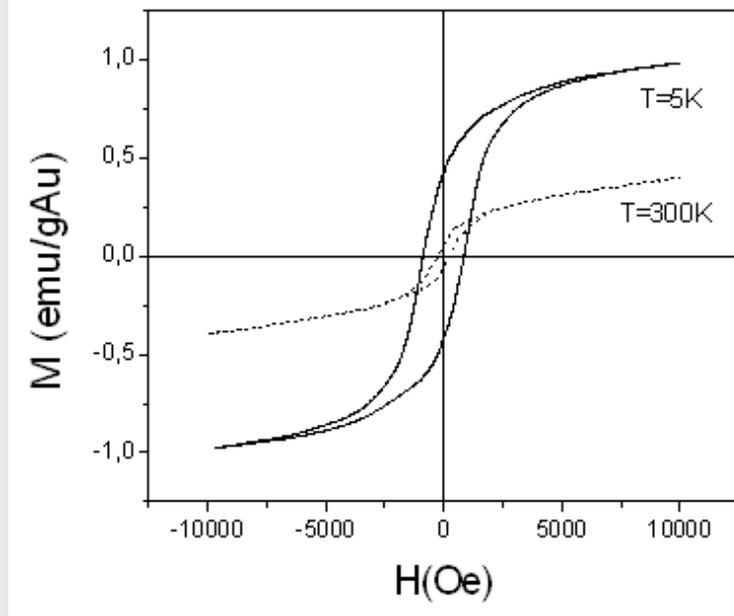


Figura 5. Ciclo de histéresis de las nanopartículas de Au (1.5 nm) recubiertas de tioles (de ref. [6]).

A pesar de la corta edad de la nanociencia, ya existen muchas aplicaciones de los sistemas nanométricos. Las nanopartículas tienen aplicaciones tecnológicas, pero es posiblemente en el campo de las aplicaciones biomédicas donde están depositadas más esperanzas. Si el siglo XX fue el siglo de la física, parece cada vez más claro que el siglo XXI será el de la biología. Gran parte del avance reciente de la biología viene propiciado por su interacción cada vez más estrecha con la física y en particular con la nanotecnología y por el uso de técnicas que hasta ahora se aplicaban solo en el ámbito de la física del estado sólido. Gracias a los avances de la nanotecnología en los últimos años, hoy en día, podemos fabricar, observar y manipular objetos de tamaño nanométrico, que es precisamente el "tamaño biológico". Como muestra la figura 6, las nanopartículas tienen un tamaño similar al de muchas entidades biológicas como células, genes, virus o cadenas de ADN. Por ello, estas partículas pueden interactuar de manera individual con estas entidades y actuar como "nanorobots" que permitan reparar, eliminar o entregar medicamentos a células de manera selectiva.

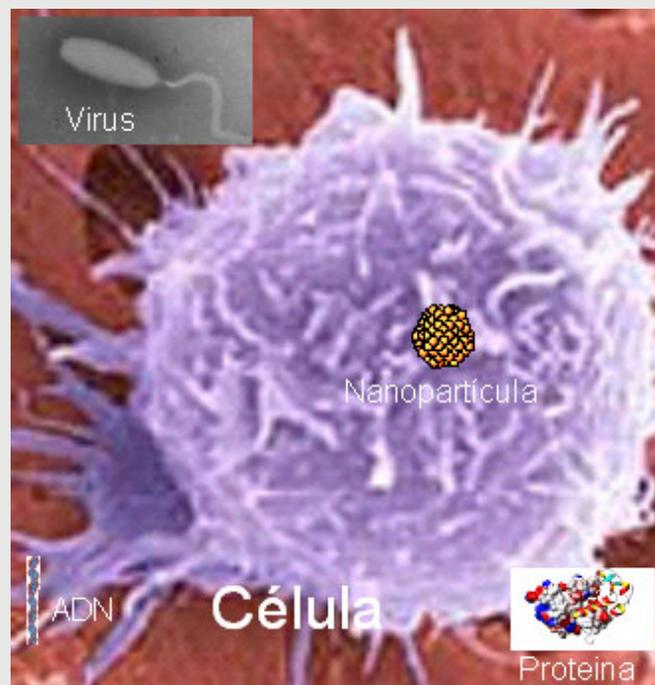


Figura 6. Ilustración de los tamaños de una nanopartícula y distintos entes biológicos

Otra ventaja del tamaño de las nanopartículas es que sus dimensiones son inferiores al diámetro de los vasos capilares, por lo que una vez introducidas en un organismo vivo, pueden viajar a través del sistema circulatorio, abriendo la posibilidad al desarrollo de aplicaciones "in vivo". Si bien hay muchos tipos de nanopartículas con aplicaciones potenciales en biomedicina, resulta evidente la gran ventaja que presentan las nanopartículas magnéticas. Las fuerzas magnéticas no necesitan contactos por lo que

pueden aplicarse para manipular partículas introducidas dentro de un organismo vivo. De esta forma, si se introducen nanopartículas con ciertos medicamentos adheridos dentro del cuerpo, se pueden utilizar fuerzas magnéticas (imanes) para dirigir las partículas a ciertas zonas del cuerpo y hacer que los medicamentos se liberen y actúen mayoritariamente en la zona afectada, aumentando la eficacia del tratamiento. En el caso de tratamientos "agresivos" como los empleados en quimioterapia, esta técnica también permitiría reducir los efectos secundarios sobre el resto del cuerpo.

Orta ventaja de las nanopartículas magnéticas es que debido a su histeresis, al aplicar campos magnéticos que varían rápidamente en el tiempo, las partículas disipan calor. Se sabe que las células humanas mueren a una temperatura aproximada de 45° C y en el caso de células mutadas (cancerígenas) esta temperatura es aproximadamente un grado inferior. Sin embargo es difícil calentar una zona del cuerpo a temperatura necesaria para eliminar las células dañinas sin eliminar gran parte de las células sanas debido a los gradientes de temperatura. Si se fabrican nanopartículas magnéticas y se añaden ciertas cadenas orgánicas, se puede conseguir que estas nanopartículas queden adheridas de manera selectiva a las células dañinas. Aplicando posteriormente campos magnéticos alternos se pueden calentar las nanopartículas y por tanto las células enfermas hasta eliminarlas, sin dañar excesivamente las células sanas. Este tipo de tratamientos recibe el nombre de **hipertermia** y es uno de los campos de investigación más activos que muestran como la unión de la física y la biología puede conducir a nuevas aplicaciones.

En este sentido, una de las mayores limitaciones del uso de nanopartículas en biomedicina es la baja biocompatibilidad de los materiales ferromagnéticos clásicos (hierro, cobalto, níquel) que pueden producir daños en el organismo cuando se encuentran en forma de iones. Por ello, el descubrimiento de magnetismo en los metales nobles (que son altamente biocompatibles) a escala nanométrica puede suponer un gran avance en el uso de estas nanopartículas para aplicaciones **in vivo**.

En resumen, podemos decir que la investigación sobre las propiedades magnéticas de las nanoestructuras, estamos descubriendo nuevos fenómenos sorprendentes que lo convierten en un campo de investigación apasionante, tanto por toda la nueva física que encierran, como por sus aplicaciones potenciales.

Bibliografía

[1]FEYNMAN, R. P. (1960) "*There's plenty of room at the bottom: An invitation to enter in a new field of physics*". Caltech Eng. And Sci. Volumen feb. La transcripción de esta conferencia esta disponible en www.zyvex.com/nanotech/feynman.html.

[2]MOORE, G. E. (2003) disponible en www.intel.com/technology/mooreslaw/index.htm

[3]SAMPEDRO, B. et al, (2003) Phys. Rev.Lett. 91, 237203.

[4]GAMBARDELLA, P. et al, (2003) Science 300, 1130.

[5]CARMELI, I.; LEITUS, G.; NAAMAN, R.; REICH, S.; VAGER, Z.; CHEM, HEM, J. (2003) Phys.118, 10372.

[6]CRESPO, P. et al, (2004) Phys. Rev. Lett. 93, 087204.



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Nanotecnología en España

Las nanociencias y las nanotecnologías son nuevas áreas de investigación y desarrollo (I+D) cuyo objetivo es el control del comportamiento y la estructura fundamental de la materia a nivel atómico y molecular. Estas disciplinas abren las puertas a la comprensión de nuevos fenómenos y al descubrimiento de nuevas propiedades susceptibles de ser utilizables a escala macroscópica y microscópica. Las aplicaciones de las nanotecnologías son cada vez más visibles y su impacto se dejará sentir pronto en la vida cotidiana. Este artículo sintetiza las principales conclusiones alcanzadas en el estudio "Nanotecnología en España". Un informe que describe, analiza y estudia la situación actual de la nanotecnología en España.

D. Joaquín Alonso Andaluz

Fundación para el Conocimiento madri+d

D^a Jaime Sánchez Páramo

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial



1. Objetivo del Astículo

El presente artículo extrae los aspectos más relevantes del estudio de vigilancia tecnológica "Nanotecnología en España", realizado con la colaboración del Círculo de Innovación en Microsistemas y Nanotecnología (gestionado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial y la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid) y que esta co-financiado por dicha Dirección General y el Proyecto Europeo Nanomat (VI PM – SSA-508695).

En dicho estudio, de más de 6000 páginas, se describe, analiza y estudia la situación actual de la nanotecnología en España, desde las líneas de investigación en nuestro país, hasta las tecnologías que comienzan a desarrollarse a nivel industrial, pasando por conocer los centros, las empresas, las instituciones, los investigadores y demás actores involucrados.

El estudio de la "Nanotecnología en España" persigue tres objetivos, de los que se dan algunas pinceladas en este artículo:

- En primer lugar, *identificar las líneas temáticas y la actividad de I+D+i* en el país, en el área de la nanotecnología, bien sea dentro del mundo académico como del campo industrial, empresarial e institucional.
- En segundo lugar, *detectar a todos los actores involucrados* a nivel nacional en nanotecnología (Expertos, Centros de Investigación, Universidades, Inventores, Empresas, Instituciones...) gracias a las trazas dejadas por su actividad en el campo, por incipientes y poco intensas que estas sean.
- Y, por último, el desarrollo de *herramientas de análisis y comparación*, así como de *indicadores* que permitan describir el estado de la cuestión y monitorizar su evolución posterior en el tiempo.

El Nanoindex

La nanotecnología ha acaparado durante los últimos años un interés creciente debido a las

prometedoras previsiones de futuro en cuanto a sus posibilidades y aplicaciones en un amplio rango de disciplinas. Precisamente, es en este carácter multidisciplinar dónde radica una de las dificultades a la hora de trabajar y estudiar el amplio campo de la nanotecnología. Cuando se recaba información, se consulta un artículo, una base de datos o, simplemente se habla de nanotecnología, nos encontramos con que los expertos que trabajan en ésta desde las disciplinas (Medicina, Física, Ingeniería, etc.), han desarrollado su propia visión de lo que es la nanotecnología.

Este hecho supone una dificultad a la hora de obtener una visión multidisciplinar y global de la nanotecnología ya que, por un lado resulta difícil combinar los distintos puntos de vista existentes hasta el momento, al tratarse de descripciones parciales y sesgadas, y por otro, la existencia de clasificaciones y estructuras distintas según la fuente de información consultada, hace difícil la comparación y el análisis de la información y los conocimientos obtenidos de las distintas fuentes. Por estas razones, desde el Círculo de Innovación de Microsistemas y Nanotecnología (CIMN), se ha desarrollado una clasificación multidisciplinar y global de la nanotecnología.

A esta estructura temática se la ha denominado como **Nanoindex** y permite clasificar cada información, artículo, congreso, es decir, cada actividad llevada a cabo en el campo de la nanotecnología, por una serie de códigos que la describen, independientemente de la disciplina de la que proceda. El Nanoindex está estructurado en nueve secciones: A a I (tabla1), que corresponden a distintos criterios de clasificación y cuyos códigos se encuentran estructurados en cinco niveles de profundidad, cada uno de los cuales aporta un mayor grado de detalle y concreción respecto a su predecesor:

Tabla 1
Listado de las secciones del Nanoindex dónde se indica el número de sub-niveles de cada una de ellas

Código	Sección	# sub-niveles
A	Nanociencia y aspectos fundamentales de la nanotecnología	3
B	Nanoestructuras y nanoelementos	3
C	Nanotecnología para aplicaciones estructurales	3
D	Nanotecnología para tecnologías de la información y las comunicaciones	4
E	Nanotecnología y química	1
F	Nanomedicina, nanobiotecnología y agroalimentación	4
G	Nanosensores y nanoactuadores	3
H	Caracterización y fabricación	4
I	Aplicaciones industriales de la nanotecnología	3

De esta forma, cada uno de los objetos, informaciones, autores... que se clasifican con el Nanoindex queda descrito, al menos, por tres códigos: uno de acuerdo a su estructura (B), otro de acuerdo a su fenomenología (C-G) y otro según los procesos de caracterización y/o fabricación empleados (H). No obstante, tres códigos es un mínimo, pudiendo clasificarse el objeto de trabajo con tantos códigos como sea necesario para su correcta descripción.

2. Nanotecnología en España

Marco de referencia: La nanotecnología en el mundo

La nanotecnología es una disciplina emergente, relativamente reciente, en la que se ha empezado a trabajar intensamente desde comienzos de los años 90. Actualmente se producen más de 30000 trabajos sobre nanotecnología anualmente en todo el mundo.

Del análisis de las publicaciones recogidas se deduce que la nanotecnología se encuentra, a escala mundial, en una etapa en la que los esfuerzos se centran en la obtención de nuevos materiales, la fabricación de dispositivos, el estudio práctico de nuevos fenómenos, la comprobación y aprovechamiento de las predicciones teóricas y el desarrollo de aplicaciones. Es por esta razón, que la mayor parte de trabajos publicados tiene un carácter experimental (~ 60% de los trabajos analizados).

La información recabada en la base de datos INSPEC para el periodo 2003-2004 proporciona una instantánea del trabajo de I+D en nanotecnología que se está desarrollando actualmente a nivel mundial.

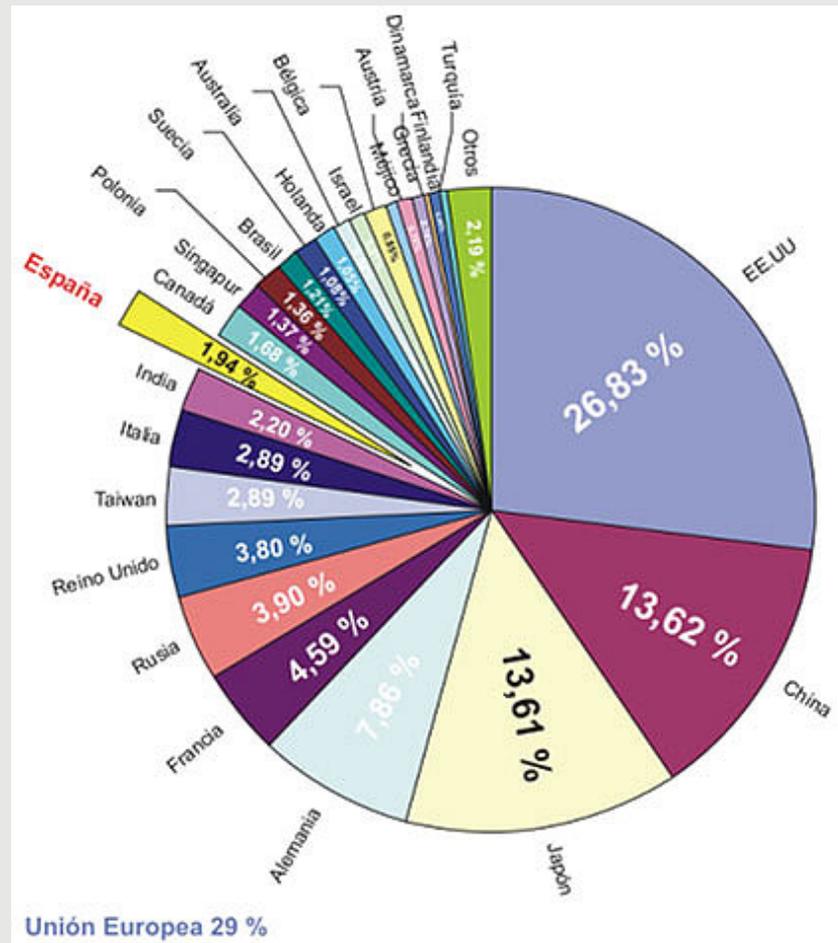


Figura 1: Distribución por países de las publicaciones y actas de congresos sobre nanotecnología, encontradas en INSPEC para el periodo 2003-2004

En la figura 1 se ha representado el porcentaje del total de publicaciones científicas en nanotecnología encontradas, correspondientes a cada país. España ocupa la decimoprimer posición, con un 1,94 % de las publicaciones, de las producidas en todo el mundo (de acuerdo con la base de datos INSPEC). En las primeras posiciones, se encuentran los países con una mayor tradición científica y tecnológica, como Estados Unidos, Japón y Alemania. Dichos países no sólo dominan el campo de la nanotecnología, si no que se trata de las primeras potencias mundiales en ciencia en general. El interés suscitado por esta nueva disciplina, ha impulsado a los líderes mundiales a incorporarla, rápidamente, en sus planes de trabajo, extendiendo su liderazgo mundial también a este ámbito emergente.

Igualmente, entre los países más productivos en nanotecnología, se encuentran potencias como China e India, con economías, a priori, más modestas que la americana o la europea. Las grandes expectativas levantadas por la nanotecnología han impulsado a estos países a realizar un esfuerzo por no "perder el tren" de esta disciplina, con el retraso científico, tecnológico, industrial y económico que ello supondría.

En el caso de China, el trabajo de la comunidad científica se ha centrado en áreas específicas de la nanotecnología como, por ejemplo, los nanotubos de carbono. India, sin embargo, ha aprovechado la formación recibida por muchos de sus científicos en el extranjero, para impulsar una actividad investigadora creciente en todas las disciplinas y, particularmente, en nanotecnología.

La producción científica en nanotecnología de la Unión Europea en su conjunto, es ligeramente superior a la de EE.UU. (29% frente a 26,83 %), colocándose como la primera potencia mundial en este campo. Este dato refleja el impulso que la nanotecnología está recibiendo en Europa, especialmente en países como Alemania, Gran Bretaña, Francia, Italia e Irlanda. Además, la U.E. está realizando un gran esfuerzo con el objetivo de convertirse en la primera potencia mundial basada en el conocimiento, en un plazo de diez años, lo que la ha llevado a impulsar desde sus inicios, la nanotecnología (Estrategia de Lisboa). Si bien es cierto, que no todos los miembros de la Unión Europea han respondido con el mismo interés a las directrices y al impulso dado por las autoridades comunitarias.

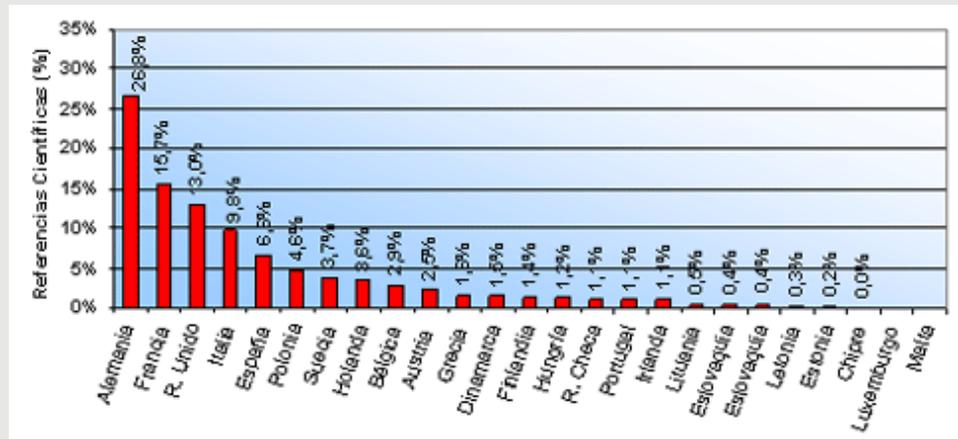


Figura 2: Distribución en los países de la Unión Europea del porcentaje de publicaciones científicas sobre nanotecnología. (INSPEC 2003-2004)

La figura 2 muestra la distribución de las publicaciones científicas sobre nanotecnología en los países de la U.E. Alemania produce más de un cuarto de las publicaciones en nanotecnología de la Unión; diez países miembros acaparan casi el 90%, mientras que el 10% restante se reparte entre los otros 15 socios.

Los países del este, recientemente incorporados a la UE, ocupan las últimas posiciones, mientras que, con Alemania a la cabeza, Francia, Reino Unido, Italia y España se sitúan en los primeros lugares. No obstante, el reparto es muy desigual, y si bien es cierto que España ocupa la quinta posición, su producción científica es 20 puntos inferior a la de Alemania (Alemania, Francia e Inglaterra cuentan con más de la mitad de las publicaciones científicas europeas en nanotecnología).

Estos datos resultan sorprendentes si tenemos en cuenta la información sobre financiación pública per cápita dedicada a nanotecnología, expuesta en la figura 3.

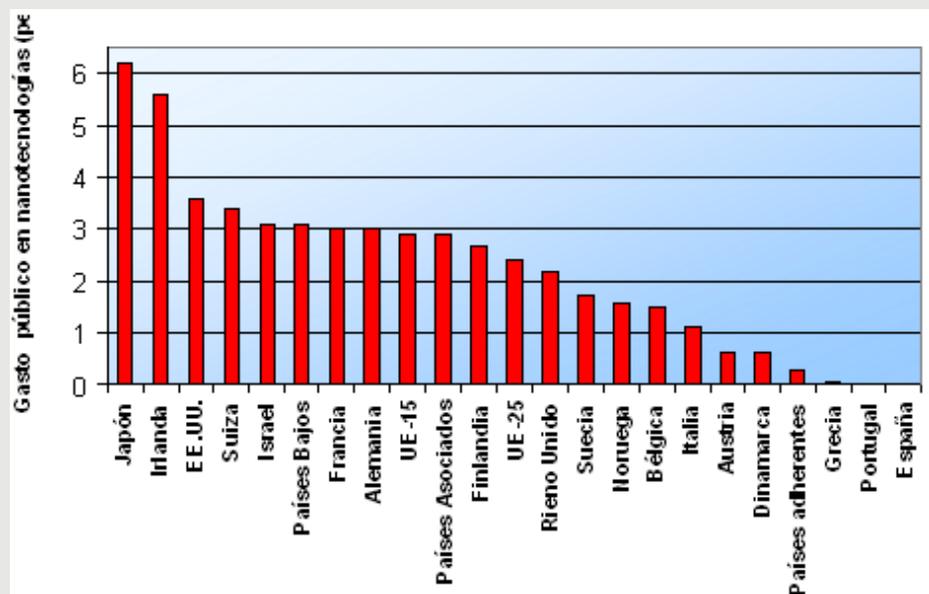


Figura 3: Comparación de la financiación en nanotecnologías entre la UE-15, la UE-25, algunos países adherentes (CZ, LV, LT, SI.), los principales países asociados al 6º Programa Marco (CH, IL y NO), EE.UU. y Japón, sobre la base per cápita en el año 2003. Cambio considerado 1€ ≈ 1\$ (Fuente: Comisión de la Comunidad Europea, Mayo 2004)

España, de acuerdo con los datos de la Comisión de la Comunidad Europea, se encuentra entre los países que menos financiación pública per cápita dedica a la investigación y desarrollo en nanotecnología, con niveles similares a Portugal y Grecia, e inferiores a 0,05 €/habitante. No obstante, a pesar de la escasa financiación pública y de acuerdo con los datos recogidos de Inspec, España se encuentra entre los 5 países que más trabajos científicos publican en el campo de la nanotecnología en Europa y entre los 12 que más publican sobre el tema a nivel mundial. Estos datos indican que la formación y conocimientos de la comunidad científica española se encuentran en situación de competir a nivel mundial y parecen indicar que los factores limitantes del desarrollo nanotecnológico en España radican en la falta de financiación, tanto pública como privada, y en la transferencia de conocimientos generados desde los centros de investigación a la industria, para su

aprovechamiento en el desarrollo de productos de base tecnológica.

Líneas y Tendencias

Expresiones de interés del VI Programa Marco

Se han analizado las expresiones de interés del VI Programa Marco originadas en España en el campo de la nanotecnología. Se observa que los aspectos de la nanotecnología que suscitaron un mayor interés fueron: las aplicaciones industriales (I), la fabricación y caracterización (H), los nanoelementos y nanoestructuras (B) y los procesos químicos (E).

El estudio revela no obstante, que no todas las aplicaciones industriales de la nanotecnología inspiraron el mismo interés. Mientras que éste fue grande en biotecnología (I03), aplicaciones médicas y farmacéuticas (I04), tecnologías de las comunicaciones e informática (11) y medio ambiente (I12), no se han encontrado Eols, en campos tan relevantes como la industria textil (I06) o los procesos de producción (I17).

La situación es análoga en el caso de los nanoelementos y nanoestructuras (B). La mayor parte de las expresiones de interés se concentran en las áreas de los nanocomposites (B10) y las nanopartículas y los nanoagregados (B01). En contraposición, otro tipo de estructuras como las nanoestructuras semiconductoras (B04, B05, B06) o los materiales porosos (B12), apenas dieron lugar a Eols.

Proyectos europeos

La base de datos de Cordis, ha permitido recabar y obtener información completa acerca de los proyectos de investigación con participación española financiados por la Comisión Europea en el campo de la nanotecnología.

Al igual que se hizo con las expresiones de interés, los proyectos encontrados han sido clasificados usando el Nanoindex.

Como sucedía en el caso de las expresiones de interés en nanotecnología, las categorías: aplicaciones industriales (I), fabricación y caracterización (H), nanoelementos y nanoestructuras (B) y procesos de información y comunicaciones (D), concentran un mayor número de proyectos. Sin embargo, a diferencia de las Eols, son los nanoelementos y nanoestructuras y no las aplicaciones industriales, las que han dado lugar a un mayor número de proyectos de investigación.

Esta disparidad entre lo que suscitó interés al inicio del VI Programa Marco (Eols) y lo que posteriormente se ha realizado (proyectos de investigación) podría justificarse mediante dos razonamientos distintos.

Por un lado, se puede considerar que una mayor concienciación por parte de la comunidad científica, de la importancia de que los avances científicos y tecnológicos se reflejen en una mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y generen bienestar y riqueza, es decir, en los aspectos aplicados de las investigaciones llevadas a cabo, habría dado lugar a que, a la hora de expresar aquello en lo que querían trabajar (Eols), los investigadores habrían hecho un mayor hincapié en los aspectos más aplicados de sus investigaciones. Posteriormente, a la hora de llevar sus ideas a la práctica, no siempre habría sido posible alcanzar los objetivos más aplicados, bien porque el estado de la ciencia no estaba lo suficientemente avanzado, bien por tratarse de objetivos demasiado ambiciosos o, simplemente, por no haber ganado el proyecto. Produciéndose de esta forma la disparidad observada.

Las discrepancias observadas entre las Eols recogidas y los proyectos desarrollados están motivadas, junto con las causas anteriormente expuestas y sin duda en menor medida, por la necesidad de los investigadores de promocionar su trabajo. Conscientes de la importancia de resaltar los aspectos aplicados de sus investigaciones a la hora de conseguir financiación, especialmente la europea, habrían hecho hincapié, al inicio del VI Programa Marco, en las aplicaciones industriales de aquello que les gustaría hacer (Eols). Sin embargo, sabedores de que la nanotecnología es una disciplina aún joven y, en algunos campos, demasiado alejada de las aplicaciones comerciales, la puesta en práctica de sus ideas habría resultado más realista, quedando, por tanto, alejada del desarrollo de productos comerciales y aplicaciones industriales.

También existen coincidencias entre el interés expresado y las investigaciones realizadas en las áreas relacionadas con los nanocomposites (B10), los nanoagregados y las

nanopartículas (B01) y los métodos para obtener (H02), estudiar y analizar nanomateriales (H01). Estas áreas dieron lugar a un gran número de expresiones de interés y han sido a su vez, objeto de numerosos proyectos de investigación.

Investigación, desarrollo e innovación en nanotecnología en España

Con el fin de conocer la situación de la I+D+i en nanotecnología en España, desarrollada tanto en el sector público: universidades, centros de investigación..., como en el privado: empresas, asociaciones industriales, centros tecnológicos..., se ha recogido información sobre los proyectos de investigación desarrollados por investigadores españoles, las patentes licenciadas con participación española y las publicaciones científicas con participación española.

Proyectos de I+D

Debido a las limitaciones impuestas por las fuentes de información existentes en España, sólo ha sido posible recabar información de manera sistemática, completa y organizada sobre los proyectos de investigación desarrollados en España, en nanotecnología, con financiación europea.

No obstante, también se ha recabado abundante información sobre los proyectos en nanotecnología, con financiación nacional y/o regional, si bien la cobertura del territorio nacional ha resultado muy desigual.

Los resultados referidos a la investigación con financiación de ámbito nacional, deben ser tomados con cautela. Si bien es cierto que se han encontrado más de 200 proyectos de investigación, la distribución geográfica, la cobertura temática y la cobertura de las distintas entidades financiadoras, es muy heterogénea.

De esta forma, se ha recabado una gran cantidad de información referente a Madrid y Barcelona, debido en gran medida a la existencia de bases de datos en estas regiones. Sin embargo, la cobertura de áreas como Andalucía, Castilla León y Asturias, ha sido mucho menor, bien por la carencia de bases de datos de carácter autonómico o nacional con información de dichas regiones, bien por nuestro desconocimiento institucional de dichas áreas.

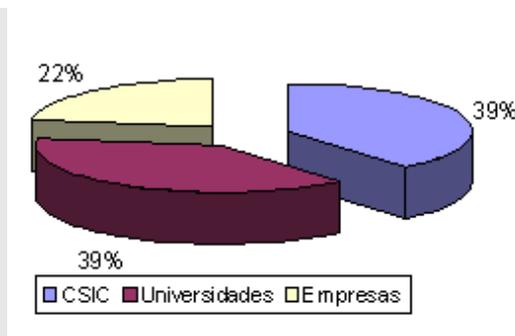
Por este motivo, las siguientes figuras hacen referencia, únicamente, ***a los proyectos en nanotecnología con financiación europea***, de los que se ha podido recabar una información completa y organizada, que ha proporcionado una imagen más fidedigna de la situación actual.

- **Proyectos Europeos dirigidos por un grupo español**

La figura 4 muestra los proyectos europeos de nanotecnología coordinados desde España, según hayan sido dirigidos desde las universidades, las empresas o el CSIC. Se observa que la responsabilidad de coordinación se reparte equitativamente entre el CSIC y las universidades, mientras que el número de proyectos coordinados desde el sector privado, es sensiblemente menor.

Si se comparan estos datos con los obtenidos para los proyectos europeos en nanotecnología, con participación española y coordinadores extranjeros (empresas 27%, institutos de investigación 38%, universidades 35 %), se observa que las tendencias son muy similares, si bien es cierto que, en el resto de la Unión Europea, existe un mayor número de coordinadores en el ámbito empresarial.

Coordinadores españoles



Universidades

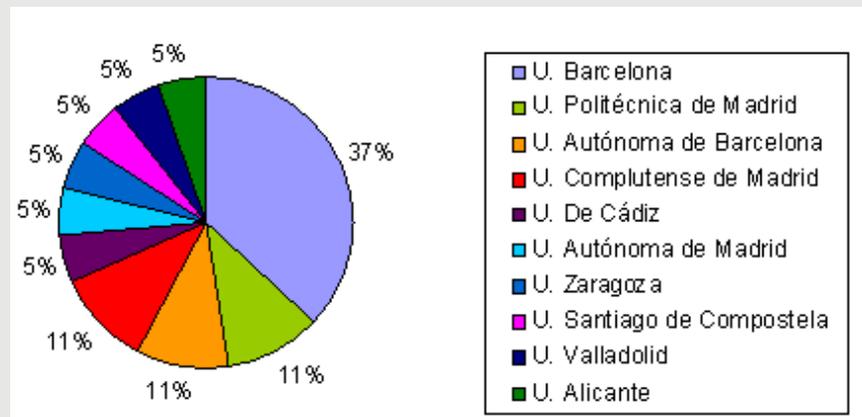
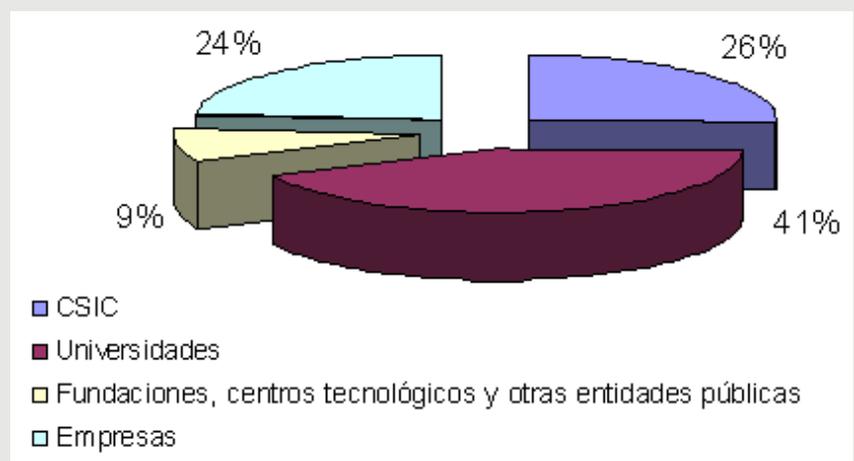


Figura 4: Porcentaje de los proyectos europeos en el campo de la nanotecnología, coordinados desde España, dirigidos desde el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, las universidades o las empresas españolas. En la parte de la derecha se ha detallado el porcentaje de proyectos europeos coordinados desde las distintas universidades españolas

• **Proyectos Europeos con participación española**

La figura 5 muestra los proyectos europeos en nanotecnología según la clase de entidad española participante. En la parte inferior se detalla la situación entre las universidades españolas. De las cinco universidades con un mayor número de proyectos europeos en nanotecnología, cuatro de ellas se encuentran entre las cinco que obtuvieron un mayor retorno del Programa Marco: Universidad de Barcelona (10,62%), la Politécnica de Cataluña (9,98%), la Complutense de Madrid (6,50%), la Autónoma de Barcelona (5,07%) y la Politécnica de Valencia (4,91%), de acuerdo con la noticia publicada por el periódico El Mundo el pasado mes de Mayo.

Distribución de los proyectos de I+D entre las entidades españolas



Distribución de los proyectos de I+D entre las Universidades españolas

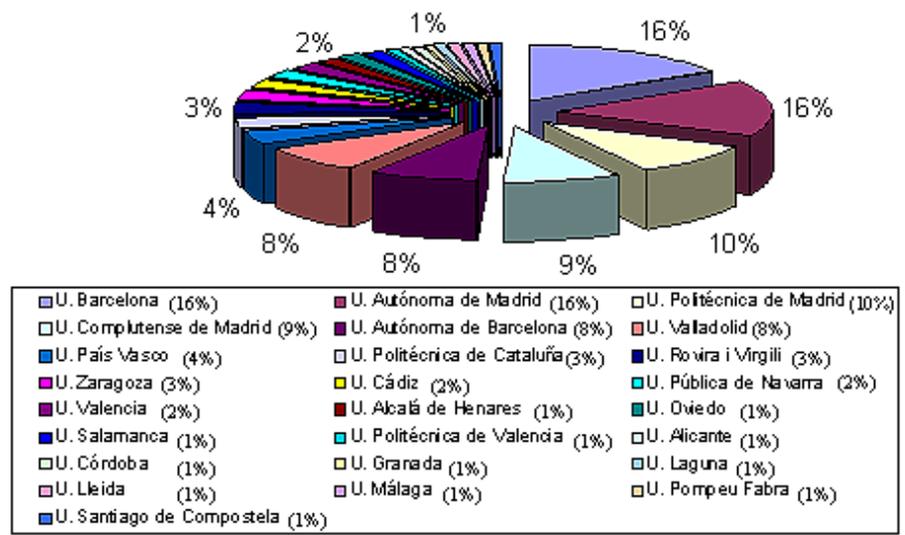


Figura 5: Porcentaje de los proyectos europeos en Nanotecnología, con participación española en los que toman parte el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, las universidades, las empresas, los centros tecnológicos y otras entidades españolas. En la parte inferior, se ha detallado la situación entre las universidades españolas

De los datos utilizados para la elaboración de las figuras 4 y 5 se concluye que la participa o ha participado en algún proyecto de investigación europeo en nanotecnología, nunca ha asumido el papel de coordinador. Como ejemplo sirva el hecho de que tan sólo diez universidades de las veinticinco que han participado en algún proyecto europeo en nanotecnología, han ejercido de coordinadores y, según nuestros datos, ninguno de los centros tecnológicos que ha participado en proyectos sobre nanotecnología, lo ha hecho como coordinador. Estos datos se ven reforzados por el hecho de que España coordine, únicamente, el 22% de los proyectos europeos en nanotecnología en los que participa (datos del CDTI, diciembre 2004).

De esta manera, la participación española se limita en numerosas ocasiones, a propuestas preparadas y coordinadas por entidades e instituciones extranjeras, lo que produce que estas no siempre se ajusten de manera idónea a sus objetivos e intereses.

En la figura 6 se muestra el porcentaje de empresas españolas que han participado en uno, dos o tres proyectos de investigación europeos en el ámbito de la nanotecnología. Casi el 90% de las empresas que han participado en algún proyecto, lo han hecho en sólo una ocasión.

Porcentaje de empresas españolas con 1,2 ó 3 proyectos

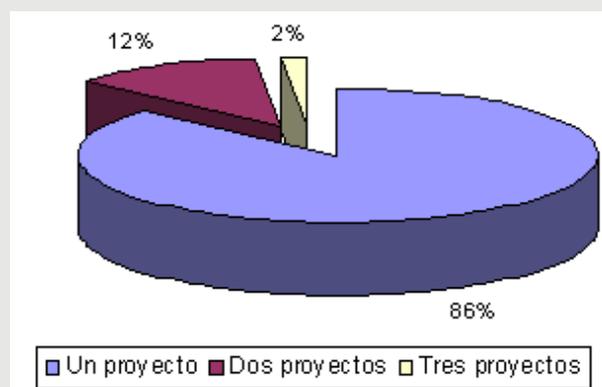


Figura 6: Porcentaje de empresas españolas que han participado en uno, dos o tres proyectos europeos en el ámbito de la nanotecnología

Se trata, sin duda alguna, de un hecho preocupante, ya que, o bien la trayectoria investigadora e innovadora en nanotecnología de la empresa es demasiado corta, como para haber participado en más de un proyecto, o bien su experiencia no les ha animado a tomar parte en una segunda ocasión.

El primero de los casos, refleja una incorporación tardía por parte de las empresas españolas, al campo de la nanotecnología, en el que se trabaja con intensidad desde hace, al menos, una década. Dado que la duración media de un proyecto europeo es de 3 años, una empresa activa en I+D+i en nanotecnología, ha dispuesto de tiempo

suficiente para involucrarse en varios proyectos sucesivos, dando continuidad a su actividad innovadora en Europa.

El segundo caso, quizás podría ser explicado bien por una falta de incentivos para la participación empresarial, bien por la falta de una mentalidad innovadora y emprendedora entre el tejido industrial español. Habría que analizar con más detenimiento la situación para determinar, objetivamente, si la industria española se encuentra en alguna de estas dos situaciones.

Patentes en el ámbito de la nanotecnología

El análisis de las patentes en el campo de la nanotecnología con participación española encontradas en la base Europea de Patentes (Espacenet) y la Oficina Americana de Patentes y Marcas (USTPO), permite obtener información sobre la actividad en esta área a nivel industrial en España.

La figura 8 muestra los tipos de solicitantes encontrados y el porcentaje de patentes en nanotecnología, para cada una de las categorías. Es frecuente encontrar patentes licenciadas por centros o empresas extranjeras en las que, al menos, uno de los inventores trabaje en España, debido a colaboraciones entre entidades españolas y extranjeras. La situación inversa, sin embargo, se da con menor frecuencia.

En el ámbito nacional, las universidades y las empresas privadas patentan sus invenciones en nanotecnología, en igual medida, copando cada una de ellas el 19% de las patentes encontradas. Este hecho resulta inusual en otras disciplinas, en las que los centros de investigación registran un número de patentes muy inferior al del sector privado.

El tratarse de una disciplina reciente, que se encuentra todavía en una fase de investigación poco aplicada, podría explicar el menor número de patentes licenciadas por las empresas españolas hasta el momento. Mientras que, por otro lado, las prometedoras expectativas que la nanotecnología ha levantado en torno a sus futuras aplicaciones en todos los ámbitos de la ciencia y la tecnología, podrían estar animando a la comunidad investigadora, a registrar sus progresos en forma de patentes. La combinación de ambos factores, proporciona una explicación plausible para la infrecuente paridad en la actividad "patentadora" de los centros de investigación y las empresas.

Igualmente sorprendente, resulta que el 25% de las patentes encontradas son solicitudes de particulares. En algunos casos, puede tratarse de una mera estrategia empresarial, para ocultar las líneas estratégicas seguidas. De esta forma, las invenciones realizadas se ocultan bajo el nombre de solicitantes particulares, resultando difícil rastrear la entidad empresarial que ejecuta o patrocina el trabajo.

Tipo de solicitante

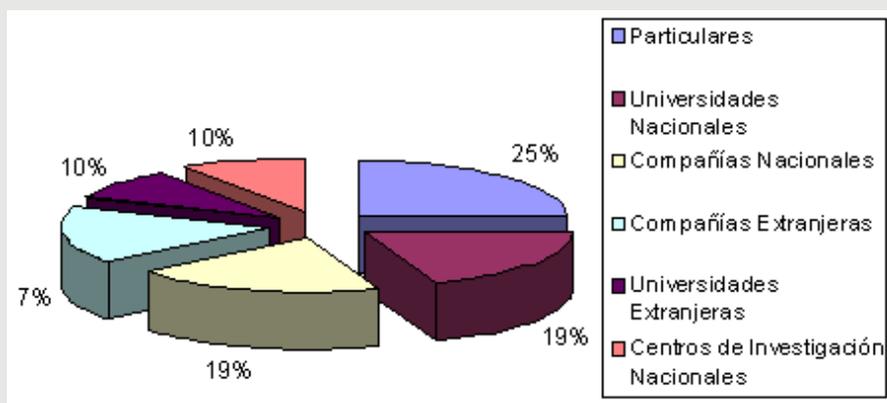
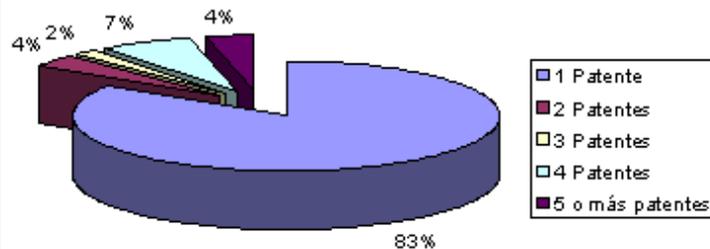


Figura 7: Porcentaje de patentes en nanotecnología según el tipo de solicitante (búsquedas realizadas en USTPO y ESPACENET)

La figura 8 muestra la proporción de solicitantes (parte superior) y de inventores (parte inferior) con 1, 2, 3, 4 ó 5 ó más patentes en nanotecnología.

Número de patentes por solicitante



Número de patentes por inventor

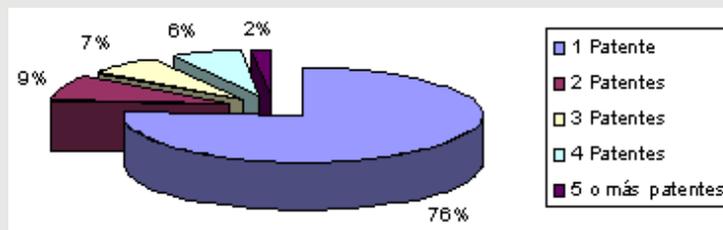


Figura 8: Porcentaje de solicitantes (parte superior) y de inventores (parte inferior) con 1, 2, 3, 4 o 5 o más patentes en el ámbito de la nanotecnología

Se observa que más de $\frac{3}{4}$ partes de los solicitantes e inventores han participado tan sólo en una patente. Como se ha repetido en varias ocasiones, la nanotecnología es una disciplina emergente, que aún no se encuentra madura, y en la que se están dando los primeros pasos a nivel práctico y aplicado, lo que quizás justifique el bajo número de patentes por solicitante y/o inventor. Además, muchas de las medianas y pequeñas empresas activas en nanotecnología, optan por seguir una política de "secreto industrial" en lugar de patentar sus invenciones. A esta tendencia contribuye el alto coste que acarrea patentar y, en nuestro país en particular, la escasa tradición a este respecto (es, sin duda alguna, nuestro indicador de I+D más deficitario)

La figura 9 muestra las zonas geográficas y países en los que se han solicitado franquicias de las patentes en nanotecnología con participación española. Una patente otorga al solicitante el derecho de explotación en monopolio, de una invención durante un período limitado de tiempo. Por este motivo, las regiones y países donde una empresa licencia una patente, son un reflejo de los mercados en los que prevé explotar su invención y, por tanto, que resultan de interés comercial para dicha empresa.

De acuerdo a la figura 9, los cuatro mercados de mayor interés para las empresas y los inventores españoles son: EE.UU., Europa, España y el dominio global de las patentes. El porcentaje de franquicias en Estado Unidos se encuentra sobre dimensionado por el hecho de que, como se ha explicado antes, se han encontrado varias patentes resultado de colaboraciones entre inventores españoles y empresas americanas, siempre más interesadas en su mercado local que en el español o, incluso, el europeo.

Licencias por países

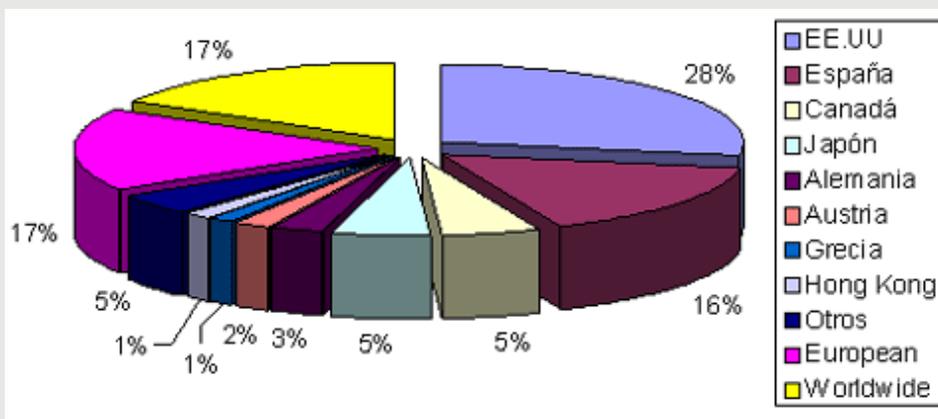


Figura 9: Países y zonas geográficas, en los que se ha solicitado una franquicia de las patentes en Nanotecnología con participación española

Aplicaciones industriales en la nanotecnología

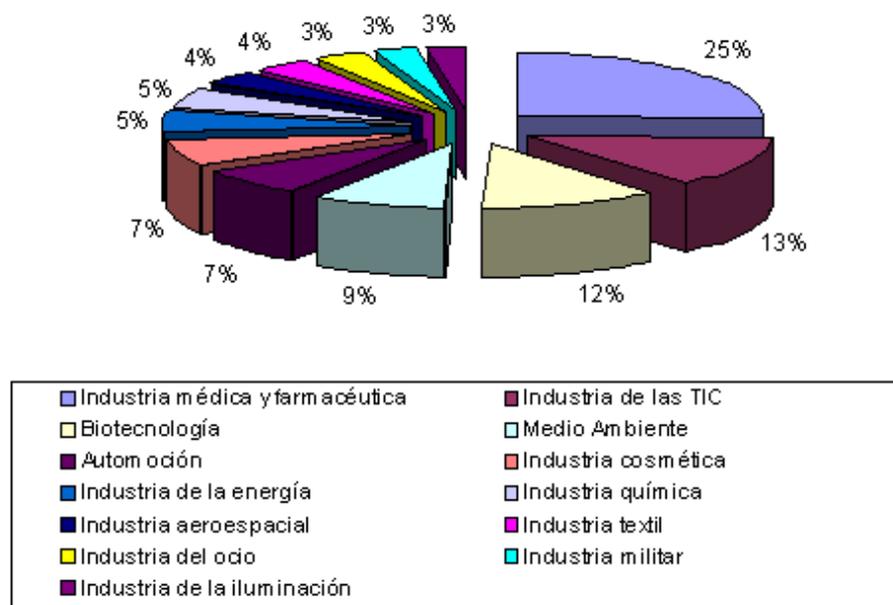


Figura 10: Aplicaciones industriales de las patentes en Nanotecnología con participación española (códigos I del Nanoindex)

La figura 10 muestra la clasificación de las patentes en nanotecnología, con participación española, de acuerdo a los apartados de la categoría I del Nanoindex, es decir, en función de sus aplicaciones industriales.

Sobresalen las aplicaciones en la industria médica y farmacéutica, entre las que se han encontrado numerosas patentes sobre métodos de obtención de nanopartículas y otros nanoelementos aplicables a la distribución y aplicación de medicamentos, así como en nuevos métodos de diagnóstico.

Los actores de la nanotecnología en España

En esta sección se presentan los grupos de investigación, las empresas, las instituciones públicas, los centros tecnológicos... que han demostrado alguna actividad en el campo de la nanotecnología. Para ello, se ha considerado la información obtenida tanto en las bases de datos de proyectos de investigación, como en las bases de datos de patentes, las referencias bibliográficas de carácter científico, la información obtenida de las distintas redes de I+D que trabajan en el marco de la nanotecnología y un largo etcétera.

Tan relevante a la hora de plasmar la situación Española en nanotecnología, como conocer el estado de la ciencia y la técnica en el campo, es determinar quienes son los investigadores, tecnólogos y demás actores involucrados, que poseen el conocimiento, los medios y la iniciativa.

Los resultados de esta sección se han organizado en tres apartados. En primer lugar se presentan las instituciones de carácter público que han demostrado actividad en nanotecnología. El segundo apartado se dedica a los grupos de investigación, bien sea en el sector público o privado, que trabajan en nanotecnología y, por último, el tercer apartado presenta los resultados referentes a las empresas españolas activas en nanotecnología.

Instituciones de I+D

La figura 11 muestra un mapa y una tabla en los que se representa la distribución geográfica (por provincias y comunidades autónomas) de las instituciones españolas encontradas que desarrollan alguna actividad en nanotecnología.

Se observa que se han encontrado instituciones en España, distribuidas por la práctica totalidad del país. Si bien es cierto que algunos casos la actividad nanotecnológica detectada era muy incipiente, se puede afirmar a la vista de los datos, que la nanotecnología ha suscitado interés en la mayor parte de las provincias españolas. Las comunidades científicas de las distintas regiones se han ido incorporando a esta disciplina emergente, con mayor o menor retraso, pero de forma que en la actualidad apenas existen en España, centros de investigación ajenos a esta revolución científica y tecnológica.



Comunidad Autónoma	#	%	Comunidad Autónoma	#	%
Comunidad de Madrid	47	37,0	Galicia	3	2,4
Cataluña	20	15,7	Región de Murcia	2	1,6
Andalucía	15	11,8	Islas Baleares	2	1,6
Comunidad Valenciana	7	5,5	Cantabria	2	1,6
País Vasco	6	4,7	Extremadura	2	1,6
Castilla La Mancha	5	3,9	Asturias	2	1,6
Castilla León	4	3,1	La Rioja	0	0
Canarias	4	3,1	Ciudad Autónoma de Ceuta	0	0
Navarra	3	2,4	Ciudad Autónoma de Melilla	0	0
Aragón	3	2,4			

Figura 11: Distribución geográfica por provincias (mapa superior) y por comunidades autónomas (tabla inferior) de las instituciones españolas que desarrollan alguna actividad en el campo de la nanotecnología. El diámetro de los puntos es proporcional al número de instituciones encontradas en la provincia

La mayor concentración de instituciones detectada en Barcelona y, especialmente en Madrid, es debida a que muchos de los centros e institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas tienen sus sedes en estas provincias.

Grupos de Investigación

Se han encontrado más de 450 grupos de investigación que desarrollan o han desarrollado alguna actividad en el campo de la nanotecnología. Estos grupos de investigación, como cabe esperar, se encuentran distribuidos, al igual que las instituciones de la figura 11, por toda España, habiéndose encontrado una mayor concentración en Madrid y Barcelona debido, principalmente, al mayor número de instituciones sitas en dichas regiones.

La Nanotecnología en IV Plan regional de Ciencia y tecnología de la Comunidad de Madrid

Los Programas de actividades de I+D son un nuevo instrumento de actuación para el apoyo a los Grupos de Investigación en el marco del IV PRICIT que pretenden fomentar la investigación cooperativa entre diferentes Grupos de Investigación de distintos Organismos y en particular de nuestras Universidades con los Organismos Públicos de Investigación radicados en la Comunidad de Madrid, de manera que puedan afrontar mejor la solución de los problemas que plantea la sociedad y den un mayor soporte al desarrollo de la innovación regional.

Así se financiarán a lo largo de los cuatro años del Plan Regional en torno a 100 líneas científico-tecnológicas estratégicas para la Comunidad de Madrid. Dichas líneas están orientadas a sectores de valor estratégico para el avance del conocimiento y la innovación en la región de Madrid.

Los Programas inicialmente preseleccionados en la línea de Nanotecnología comprenden temas como el estudio y fabricación de nanoestructuras magnéticas y sus aplicaciones tecnológicas y en Biomedicina; el estudio de las propiedades mecánicas, eléctricas y catalíticas de nanoobjetos, su síntesis, caracterización y modelización, y el análisis de estructura y función de nanomáquinas y otros sistemas biológicos y su integración en dispositivos nanomecánicos.

Con los Programas de actividades de Investigación que se financien se pretende contribuir a que:

Nuestra región cuente con un acervo de capital humano bien formado, capaz de asumir el papel de líder, motor e impulsor del desarrollo.

Dar flexibilidad, a nuestro sistema facilitando la capacidad de respuesta, creatividad de los individuos y organizaciones y su auto-organización.

Mejorar la gestión regional del conocimiento capaz de vertebrar los recursos públicos y privados en investigación, fomentando la cooperación entre las instituciones proveedoras y demandantes de "conocimiento".

Conseguir mejorar la posición competitiva de los investigadores y estimularlos a competir en la obtención de recursos tanto públicos como privados.

Buscar la cooperación, complementariedad e integración tanto interregional, como con la Administración General del Estado, la Unión Europea y demás redes globales del conocimiento.

Crear una imagen de marca que diferencie e identifique a Madrid como un centro de servicios científico-tecnológicos de alto valor añadido

Contribuir a la creación del Espacio Europeo de Investigación favoreciendo la coordinación de esta acciones con las correspondientes al Programa Marco europeo de investigación y al Plan Nacional de I+D+i con el que se complementa.

Los Programas de actividades de investigación incluyen como novedad el apoyo desde la investigación a la creación de Programas de postgrado entre varios Organismos fomentando su articulación con las nuevas estrategias europeas en el marco de la creación del Espacio Europeo de Enseñanza Superior y favoreciendo la movilidad de los investigadores dentro y fuera de la región.

3. Conclusiones

- Se ha detectado una importante actividad en el campo de la nanotecnología en España, con la publicación de numerosos trabajos, la participación en proyectos europeos y nacionales y un creciente interés por parte de la industria en muchos casos con implicación real.
- Esta actividad demuestra que la comunidad científica en su conjunto es consciente de la potencialidad de esta tecnología emergente desde comienzos de los 90. El mundo empresarial ha iniciado su incorporación a esta línea y, en promedio, puede considerarse que se encuentra inmerso en una fase exploratoria y analizando las potencialidades de la nanotecnología.
- La I+D española en el ámbito de la nanotecnología, tanto mundialmente como dentro de Europa, se encuentra en niveles similares a los que ocupa en otras ramas de la ciencia y la tecnología (cerca del 2% de los trabajos y entre los 12 primeros países).
- La actividad en nanotecnología dentro de España está muy diversificada y se extiende a todas las ramas de la ciencia: Física, Química, Medicina, Biología, Ingeniería...
- España se ha incorporado con éxito al VI Programa Marco y ha incrementado recientemente su participación en las distintas actividades europeas, tales como los proyectos de investigación, las redes de excelencia...
- El trabajo desarrollado en el campo de la nanotecnología ha empezado a generar

ya patentes y aplicaciones prácticas.

- La transferencia de conocimientos entre el mundo académico y el empresarial necesita ser potenciada. La situación es mejor que en otros ámbitos del conocimiento, porque al tratarse de un tema altamente innovador han proliferado las EBT-Empresas de Base Tecnológica (*spin-offs*) surgidas desde las universidades y los centros de investigación en el ámbito de la nanotecnología.
- A pesar de la abundancia y de la excelencia de los grupos de investigación que trabajan en nanotecnología en España, se ha tardado mucho tiempo en diseñar una estrategia específica destinada a impulsar esta tecnología. La "Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología" dentro del "Programa Nacional de Investigación y Desarrollo", aprobada el pasado 2004, busca aglutinar de forma constructiva los esfuerzos de todas las personas cualificadas y poder servir de referente a la industria que demande conocimientos en este novedoso tema.

Bibliografía

SÁNCHEZ, J.; GUERRERO, H.; MARTÍN, S.; TAMAYO, R.; COSME, M. L.; MAZADIEGO, R.; SERRANO, P. (2005) Nanotecnología en España. Sistema Madri+d (Libro 20). Dirección General de Universidades e Investigación, Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. (Versión electrónica descargable desde: www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/default.asp)

SÁNCHEZ, J.; GUERRERO, H.; MARTÍN, S. TAMAYO, R.; (2004) Nanoindex. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). INTA/NTX/RPT/1000/02/04.

COMISIÓN EUROPEA (2004) Towards a European Strategy for Nanotechnology. Comunicación de la Comisión 338. (Versión electrónica descargable desde www.cordis.lu/nanotechnology)

SCHULENBURG, M. Nanotechnology: Innovation for tomorrow's world. Oficina para publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas. ISBN 92-894-7498-X.

COMISIÓN EUROPEA (2004) Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis. Extraído de la Conferencia organizada en Bruselas, los días 1 y 2 de Marzo de 2004 sobre "Salud y Protección del Consumidor". Secretaría General de la Comisión Europea.

BACHMANN, G.; BOGEDAL, M.; CORREIA, A.; HOFFSCHULZ, H.; HOLM PEDERSEN, S.; LOCATELLI, S.; LOUGHRAN, O.; MALSCH, I.; NICOLLET, C.; TERRYLL, K. (2004) Nanotechnology in the candidate countries. Segundo Informe de Nanoforum. Marzo.

National Nanotechnology Initiative. Suplemento al presupuesto del Presidente de EE.UU (2004).

ROMAN, C. (2002) It our's to lose. An Analysis of EU Nanotechnology Funding and the Sixth Framework Programme. European NanoBusiness Association (Bruselas). Octubre.

DREXLER, K. E. (2004) Nanotechnology: From Feynman to Funding. Foresight Institute. Bulletin of Science, Technology & Society, Vol 24, No 1 (21-27). Febrero.

TAYLOR, J. M. (2002) New Dimensions for Manufacturing: A UK Strategy for Nanotechnology. Informe del "Grupo Asesor del Reino Unido sobre Aplicaciones de la Nanotecnología". Junio.

ROMÁN, C. (2002) How nano is Europe?. An Analysis of Nanotechnology-based Expressions of Interest in the Sixth Framework Programme. European NanoBusiness Association (Bruselas). Noviembre.

COMISIÓN EUROPEA (2005) Nanociencias y Nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo. Bruselas, Junio.

BRIONES, F.; CORREIA, A.; SERENA, P. A.; (2003) Informe sobre la Situación de la Nanociencia y de la Nanotecnología en España y Propuesta de Acción Estratégica dentro del Plan Nacional de I+D+I (2004-2007). Red Española de Nanotecnología Nanospain. Junio.

IV PROGRAMA MARCO (2004) Programa de Trabajo de la Prioridad NMP. Diciembre 2004.

Oficina Europea de Patentes. www.espacenet.com/

Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos. www.uspto.gov/

Base de datos de Referencias Científicas y Actas de Congresos INSPEC.
www.iee.org/Publish/INSPEC/

Base de datos de Referencias Científicas y Actas de Congresos Current Contents.
www.isinet.com/products/cap/ccc/

CORDIS: Community Research & Development Information Service.
www.cordis.lu/en/home.html

Red Española de Nanociencia: Nanospain. www.nanospain.org/

Red Europea de Nanoelectrónica: Phantoms. www.phantomsnet.net/



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Aula abierta

Potencial de la Comunidad de Madrid para el desarrollo de cluster tecnológicos

En la última década podemos apreciar el indudable interés que está teniendo el concepto "Cluster", y más concretamente el de "Cluster Tecnológico", en los debates de política industrial y desarrollo local. Y este interés se ve reforzado por el éxito de las experiencias llevadas a cabo en distintas regiones europeas y en otras regiones del mundo. Este artículo presenta una metodología para la identificación de cluster tecnológicos como política innovadora de desarrollo y promoción de la actividad económica de una región. Esta metodología aplicada al caso concreto de la Comunidad de Madrid pone en evidencia que las ventajas de localización, la disponibilidad de recursos, conocimiento e infraestructuras, y las redes de apoyo de todo tipo presentes en el territorio de la Comunidad, la cualifican para potenciar el desarrollo de determinados clusters tecnológicos.

D. Isidro de Pablo López
isidro.de.pablo@uam.es



D^a Begoña Santos Urda
begonna.santos@uam.es



D^a Yolanda Bueno Hernández
yolanda.bueno@uam.es



D. Fernando Borrajo
fernando.borrajo@uam.es

D. Francisco Pizarro
francisco.pizarro@uam.es



Grupo de Emprendizaje y Desarrollo Local
Departamento de Contabilidad y
Organización de Empresas
Universidad Autónoma de Madrid



1. Los clusters tecnológicos como instrumento de desarrollo económico



El término "**cluster**" se identifica con un sistema socio-económico abierto formado por empresas interconectadas, cuyas relaciones, acuerdos o alianzas, están basadas, tanto en la cooperación vertical (proveedor-cliente), horizontal (entre empresas competidoras o complementarias) o transversal, es decir entre empresas, y de éstas con agentes institucionales y semipúblicos (universidad, administración pública, centros de excelencia, etc.), proveedores de infraestructuras y de servicios avanzados. Estas interconexiones permiten que las empresas se concentren esencialmente en sus capacidades, y se consigue que el valor global obtenido por el cluster sea mayor que la suma de las partes.

En definitiva, las ventajas más destacables que aporta la perspectiva "cluster" son:

- Una mejora de la productividad
- Un mayor nivel de innovación
- Se favorece la creación y expansión de nuevas actividades

Desde esta perspectiva, los llamados "**Cluster Tecnológicos**" permiten una mejor articulación de los sistemas de innovación, puesto que congregan a agentes relacionados con todas las actividades de la cadena de valor, y generan una masa crítica capaz de atraer los *inputs* que requieren los proyectos de I+D+i de los sectores tecnológicos, y, al igual que otros clusters, potencian el establecimiento de redes de cooperación entre empresas proveedoras y clientes, centros públicos de investigación, universidades, etc.

Existe un número amplio de experiencias que demuestran que el desarrollo de un clusters (ya sean tecnológicos o industriales) permite el progreso de un territorio, pudiendo adaptarse a las características específicas y a las necesidades de ciudades, áreas metropolitanas ó regiones, desde el Tercer Mundo hasta las zonas más punteras de los países avanzados.

En este contexto consideramos muy oportuna la iniciativa de la Cámara de Comercio de la Comunidad de Madrid que, bajo esta óptica, adjudicó al equipo autor del presente trabajo el proyecto de investigación "**Metodología de Investigación para la Identificación de un Cluster Tecnológico en la Comunidad de Madrid**", cuyos resultados resumimos aquí.

2. Metodologías para la identificación de clusters tecnológicos

De la amplia revisión de literatura y casos referentes a procesos de clusterización se deduce que no existe unanimidad en la metodología de identificación de este tipo de clusters o de cualquier otro, debido, principalmente, a la variedad y complejidad de los entornos, mercados, y sectores de actividad, y a la falta de información completa, homogénea y fiable sobre la interdependencia de las empresas y los agentes que configuran cada caso encontrado.

Sí puede decirse que existen ciertas pautas comunes, tanto en las metodologías de identificación de cluster basadas en aspectos **cuantitativos** -perspectiva de la competitividad según el "diamante" de Porter (1990)^[1] -, como **cuantitativos** -análisis de tablas *input-output*-, pero que según cual sea el tipo de cluster -de entorno, de mercado, de sector, de actividad, e incluso en función de la disponibilidad de información-, acaban adoptando una configuración singular para cada caso^[2].

Con estos antecedentes, y siendo coherentes con las habituales limitaciones de información, al abordar el caso de la Región Madrileña el equipo de investigación se propuso desarrollar una metodología que permita deducir si un entorno geográfico o región reúne las condiciones adecuadas para el desarrollo de un Cluster Tecnológico por similitud con las características de otros entornos en los que se han desarrollado este tipo de cluster. En otras palabras estamos hablando de aplicar una metodología "**inferencial**" por tratar de deducir los posibles sectores o actividades susceptibles de clusterización en un determinado territorio a partir del análisis de experiencias y casos de entornos socioeconómicos de referencia.



La metodología que proponemos, basada en fuentes de información secundaria, consta de las siguientes etapas fundamentales:

1. *Elaboración de un catálogo de factores de incidencia potencial en un proceso de clusterización tecnológica.*
2. *Identificación de los casos y experiencias de clusterización tecnológica de mayor relieve en el mundo y evaluación de la presencia de los factores anteriores.*
3. *Determinación de los factores más relevantes en estos procesos de clusterización.*
4. *Evaluación de la presencia de esos factores en el territorio objeto del análisis, en nuestro caso, en la Comunidad de Madrid.*
5. *Inferencia de posibles sectores susceptibles de desarrollar un Cluster Tecnológico.*

3. Catálogo de factores de incidencia potencial en la formación de clusters tecnológicos

Para conocer y evaluar los factores, tanto endógenos como exógenos, determinantes en los procesos de implantación y desarrollo de clusters tecnológicos y, asimismo, poder interpretar la competitividad de un área geográfica o región, el equipo partió del marco conceptual definido por "el diamante" de Porter (1990) para el análisis de la capacidad competitiva de un país, o de una industria de éste, a nivel internacional. En ella se identifican las siguientes categorías genéricas de factores:

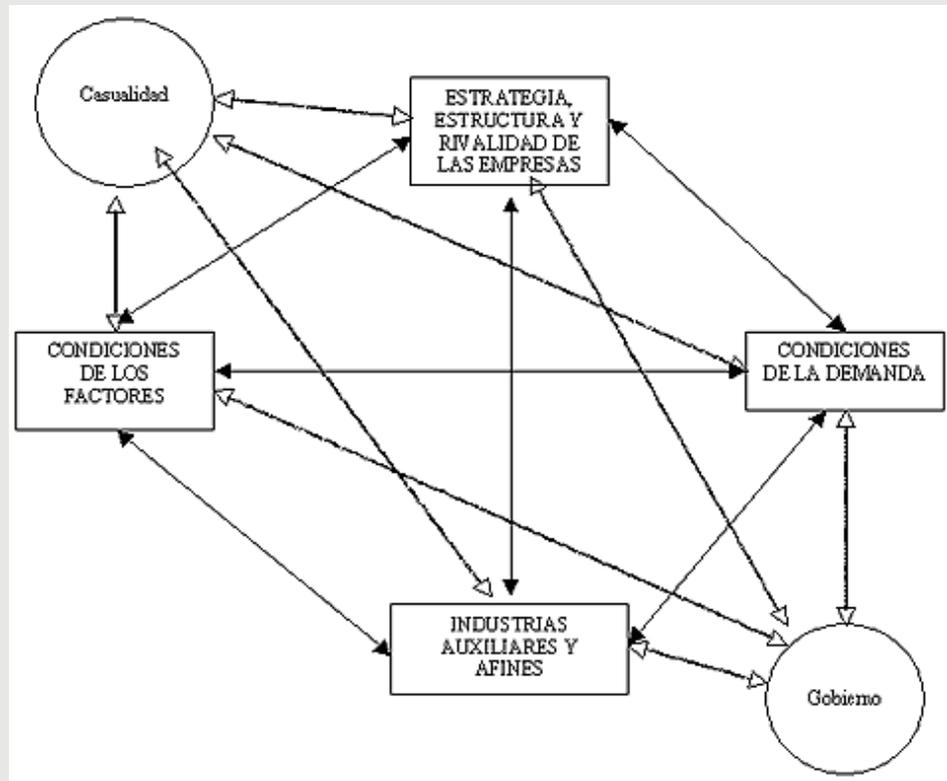
- **Las condiciones de los factores**, que hacen referencia a los recursos disponibles en el área (físicos, de capital, recursos humanos, infraestructuras, equipamientos, etc.).
- **Las condiciones de la demanda en el país o región para el producto o servicio que ofrece la industria**. Esto va a influir en la configuración empresarial, tanto en lo que respecta a la estrategia y estructura de las empresas, como al grado de rivalidad existente entre las mismas que condiciona el nivel competitivo de las mismas. Se concreta en las características del mercado, el tamaño, composición, pautas de crecimiento, los sistemas de distribución, la posición de los clientes y consumidores.
- **La estrategia, estructura y rivalidad de las empresas**, referente a las condiciones del país o territorio que condicionan la creación y la dirección de las empresas, así como la dinámica de la competencia local.
- **La industria auxiliar y los servicios de apoyo**, que son elementos significativos en cuanto al proceso de innovación y perfeccionamiento derivado de unas estrechas relaciones entre proveedores y clientes, por una parte, y, por la otra, de iniciativas tanto públicas como privadas que desarrollen actividades capaces de estructurar en el área elementos que potencien la competitividad de las organizaciones empresariales.

Estas cuatro categorías de factores definirán la potencialidad o nivel competitivo del área. Pero tampoco hay que olvidar el papel que pueden llegar a tener las Administraciones Públicas y la casualidad en los anteriores elementos, lo que justifica su inclusión en el modelo:

- **Las Administraciones Públicas**, y su influencia a través del desarrollo de normativas, decisiones de inversión, acciones de fomento de la actividad productiva, los productos y servicios públicos.
- **Y el papel de la casualidad**, que ha jugado en múltiples casos un papel decisivo en el desarrollo de un área.

Resulta evidente el marcado carácter cualitativo de las categorías de factores que maneja Porter, y la imposibilidad de captar información detallada sobre cada uno de ellos para realizar un análisis comparativo intersectorial e interregional de la Región Madrileña respecto a otras de referencia en cualquier zona del mundo. Por ello, y tomando como referencia el modelo del "diamante" de Porter, el equipo de investigadores procedió a identificar una batería de indicadores susceptibles de cuantificarse o de relacionarse con el objeto de la investigación: las condiciones locales para el desarrollo de un cluster tecnológico.

Figura 1: El diamante como perspectiva de la competitividad de un área.



Fuente: M. Porter (1990)

Con estas premisas, el equipo seleccionó las categorías de factores que se relacionan a continuación. Cada una de ellas puede desglosarse en una amplia batería de indicadores de referencia que pueden estar presentes, o no, con diferentes grados de intensidad y complementariedad, en las experiencias de clusterización a analizar. Las categorías consideradas son las siguientes:

- **Ámbito territorial y Ventajas Geoestratégicas**, derivadas de la ubicación del territorio respecto a las zonas circundantes, así como las características del mismo desde el punto de vista de las ventajas comparativas para el desarrollo de determinadas actividades o el uso de ciertos recursos.
- **Dotación de Recursos**, tanto los ubicados en el propio territorio, como aquellos fácilmente accesibles desde él. En particular, es de importancia la disponibilidad de recursos humanos y tecnológicos, así como el acceso a fuentes de financiación, redes institucionales y de conocimiento, etc...
- **Infraestructura del Sistema de Transportes y Comunicaciones**, punto crítico en cualquier enclave de innovación y desarrollo tecnológico propio de una sociedad avanzada. Es particularmente importante la dotación de telecomunicaciones de última generación, así como una industria auxiliar y de servicios que responda a las necesidades del territorio.
- **Estructura Sectorial que caracteriza al territorio**. En principio es conveniente disponer de un tejido empresarial propio de una sociedad avanzada, con una fuerte presencia de servicios de todo tipo, industrias intensivas en conocimiento, e intensamente interrelacionadas.
- **Grado de Apertura Exterior**, que es una dimensión indispensable en todo sistema económico avanzado. Este indicador expresa el grado de integración del territorio estudiado con el resto de las áreas comerciales e industriales del mundo. En particular, y a los efectos de la configuración de clusters tecnológicos, interesa la relación con las Regiones de excelencia de los países más avanzados.
- **Sistema de Innovación y Tecnología**, de cuya existencia, orientación, coherencia y dinamismo puede depender la capacidad de dotar y movilizar recursos institucionales, así como de encontrar la respuesta apropiada por parte del sector

- empresarial en la forma de productos y servicios competitivos para el propio sistema.
- **Entorno Legal**, elemento indispensable para proporcionar un marco de estabilidad y referencia para el desarrollo de cualquier actividad económica, pero, más aún para las intensivas en innovación y conocimiento, además de contar con un elevado contenido de transnacionalidad y multilateralidad.

4. Identificación de los casos y experiencias de clusterización tecnológica de mayor relieve en el mundo y evaluación de la presencia de los factores anteriores

Con esta batería de referencias de medida, el equipo investigador procedió a elaborar un inventario de los clusters tecnológicos a nivel mundial, seleccionando los más avanzados^[3] por su orientación tecnológica de base, o su proceso de gestación. El trabajo de análisis en profundidad se realizó con un total de cincuenta clusters, de los que hemos referenciado los más representativos en la tabla 1.

Tabla 1
Relación de Clusters Tecnológicos más representativos del total analizado en el estudio

CLUSTER	Sector de Actividad Principal	Ámbito Territorial
Sophia-Antipolis www.sophia-antipolis.net	Tecnología de la Información y Comunicación, Medio Ambiente, Química Fina y Ciencias de la Vida.	Costa Azul. Francia.
Oslo-Teknopole www.oslo.technopole.no	Biotecnología, medicina, sector sanitario, ciencias medioambientales, alimentación y acuicultura.	Oslo. Noruega.
Thames Valley www.thamesvalley.co.uk	Biotecnología y ciencias de la vida, automóvil e ingeniería avanzada, tecnología medioambiental, Tecnologías de la Información y Comunicaciones.	Valle del Támesis. Reino Unido.
Medicon Valley www.mediconvalley.com	Biomedicina y Productos Farmacéuticos.	Copenhague-Malmo Dinamarca. Suecia.
Bio-Top www.biotop.de	Biotecnología (investigación genómica, proteómica, tecnologías biohíbridas, ingeniería de tejidos).	Estados de Berlín y Brandenburgo. Alemania.
CURE www.curenet.org	Biotecnología y farmacología.	Connecticut. Wiconsin. Estados Unidos.
New York www.nysedc.org	Servicios de comunicación y medios.	Estado de Nueva York. EE.UU
Silicon Valley www.siliconvalley-usa.com	Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Evolucionando a biotecnología y Nanotecnología.	San Francisco (California) EE.UU
Oulu www.technopolis.fi	Tecnología de la Información y Comunicación.	Golfo de Bothnia. Norte de Finlandia
Toronto www.toronto.ca/economic_profile/media.htm	Aeroespacial, biomedicina, biotecnología, servicios profesionales a empresas, diseño industrial, moda y confección, servicios financieros, alimentación y bebidas, TIC y Nuevos Medios.	Toronto, Notario. Canadá.
Amsterdam www.ez.amsterdam.nl	Tecnologías de Información y Comunicación, Servicios a empresas.	Ámsterdam. Holanda.

El objeto prioritario del estudio de los cincuenta clusters tecnológicos seleccionados fue encontrar los factores que tenían una presencia significativa en todos ellos, y que, por tanto, podrían considerarse críticos en el desarrollo de este tipo de experiencias. En base a la frecuencia e intensidad con que aparecen tales indicadores en el colectivo analizado se identificaron las siguientes cuatro categorías de factores, con el consiguiente desglose de elementos más detallados, como los más críticos para la existencia de un cluster tecnológico:

- **Ámbito territorial y ventajas geoestratégicas, que puede concretarse en su**

proximidad a centros de toma decisiones o "capitalidad" del territorio en que se implanta. En la mayoría de los clusters el emplazamiento es un factor crítico de éxito. Las causas de la importancia que se le da a la capitalidad las podemos encontrar en la agilización de los procesos burocráticos, la proximidad a centros administrativos locales, estatales, y a centros de carácter internacional, como pueden ser las embajadas y demás centros de influencia supranacionales, la proximidad a los centros financieros que en éstos se concentran, la proximidad a otras empresas del sector y de sectores relacionados, y a la localización geo-estratégica, entre otras. Entrando en más detalle conviene resaltar la relación que existe entre la condición de capitalidad de un emplazamiento y el desarrollo avanzado de infraestructuras de transporte y comunicaciones, el mejor acceso a una mayor masa crítica de consumidores potenciales, la facilidad para la distribución y comercialización, y mayor presencia estatal, e incluso, internacional, de las innovaciones y desarrollos de nuevos productos.

- **Estructura empresarial de cluster.** En este aspecto es generalizada la presencia de cadenas de valor muy fragmentadas basadas en su mayoría en empresas pequeñas, las cuales interactúan en un mismo territorio. También suele ser común la presencia de una, o varias, empresas grandes, de ámbito internacional en la mayoría de los casos, que actúan como motor de cambio para los demás agentes que actúan en el cluster. La formación de parques empresariales vendrá dada por la ventaja derivada de la reducción de los costes logísticos y de comunicación y relación entre empresas. Estas agrupaciones dinamizarán la actividad beneficiando a todos los agentes.
- **Necesidad de una mano de obra cualificada.** Los recursos humanos desde el punto de vista de número y de cualificación serán fundamentales. Este rasgo estará estrechamente relacionado con la existencia de centros universitarios y de enseñanza superior que provean de capital humano específico para las necesidades de las empresas y centros de investigación relacionados con los clusters. Por tanto, **la proximidad a los centros universitarios de prestigio internacional** será uno de los factores críticos para el éxito. La coordinación entre empresas y centros educativos llevará a alcanzar acuerdos de colaboración con la sucesiva creación de incubadoras y centros de I+D.
- **Disponibilidad o acceso a recursos financieros para desarrollar proyectos con un periodo de maduración largo.** En muchos casos los clusters se benefician de la proximidad a diversos mercados de capitales para así tener una fuente de financiación próxima al área de influencia del cluster.

Con este marco de referencia, el equipo de investigación procedió a realizar un completo análisis de las ventajas comparativas de esta Comunidad, e identificar los factores diferenciadores de que dispone para el desarrollo de clusters tecnológicos.

5. Análisis de las ventajas comparativas de la Comunidad de Madrid para la creación de clusters tecnológicos

Para ello, se recopiló la máxima información con la que analizar la presencia, y la entidad de los factores críticos para la creación de clusters tecnológicos arriba señalados en la región madrileña. La presencia de los diferentes elementos y dimensiones en que se manifiestan estos factores determinarán la posibilidad de que se desarrolle un determinado tipo de cluster. De ahí la necesidad de que tales factores se den de forma conjunta y en grado suficiente. Desde esta perspectiva, y de forma muy sintética, las características más significativas de esta Comunidad son las siguientes:

5.1. Ámbito territorial y Ventajas geoestratégicas

El factor más característico de la región madrileña es su condición de "capitalidad". Esta condición se explica por la confluencia de ciertos rasgos, que, en el caso del Área Metropolitana de Madrid, se pueden resumir en:

- **Sede de la Capital del Estado.** Por lo que cuenta con la mayor parte de los centros de decisión. Las instituciones de carácter regional, estatal e internacional se concentran en esta área. Dada esta concentración, los procesos administrativos de las empresas se ven agilizados.
- **Centro financiero y bursátil.** Podemos encontrar las sedes centrales de las principales entidades financieras, así como los centros de decisión de las filiales españolas de toda la banca internacional.
- **Tejido empresarial fuerte, dinámico y diversificado.** Aspecto éste que será tratado con mayor detalle en un punto posterior.
- **Mercado de trabajo cualificado y de alto poder adquisitivo.** Debido a la amplia oferta universitaria y a las perspectivas de actividad profesional que ofrece la Región por su condición cosmopolita, Madrid actúa como atractor de recursos humanos de

todo el Estado Español y de otras regiones del mundo.

- **Liderazgo en innovación y recursos tecnológicos.** En la Región Madrileña se concentra el grueso de los recursos de capital tecnológico y de capacidad investigadora del Estado, como se verá mas adelante.
- **La oferta educativa es la más amplia y diversificada de España.**
- **Oferta cultural y de ocio de primera magnitud.**
- **Costes laborales y de capital competitivos.** Todo ello derivado de la abundancia, y movilidad de los factores productivos, con en consiguiente aumento en la competitividad al mercado, y en la reducción de los costes de transacción.
- **Apuesta institucional por los negocios, y el bienestar ciudadano.**
- **Centro geoestratégico:** Centro geográfico de la Península Ibérica. Nudo de comunicaciones hacia Sudamérica y Norte de África.
- **Importante red de infraestructuras y soporte logístico.** Aspecto éste que también será tratado con mayor detalle en un punto posterior.

La configuración de todas estas características lleva a definir un escenario en el que se producen importantes sinergias y efectos multiplicadores, dando lugar a lo que el equipo investigador ha denominado "condición de capitalidad".

5.2. Disponibilidad y calidad de recursos

La dotación de recursos de que dispone una Comunidad o Región es una ventaja diferenciadora que determina la generación de un entramado empresarial competitivo. Dado lo extenso, y reiterativo, que podría ser la enumeración de recursos de Madrid, sintetizamos en este punto la disponibilidad y calidad de los recursos naturales, de capital técnico-financiero y de capital humano existente en la Comunidad, y que pueden significar un aliciente para la creación o asentamiento de empresas de base tecnológica, tanto nacionales como multinacionales.

- **Recursos Humanos.** La Comunidad de Madrid tiene un perfil demográfico similar al de otras regiones europeas de elevado nivel de urbanización y una de las regiones con mayor aumento de población en los últimos años.
En términos generales sus indicadores conducen a determinar que la Comunidad de Madrid constituye un mercado con una importante demanda interna y con alto poder adquisitivo.
- **Mercado Laboral.** Respecto al mercado laboral analizando los indicadores más significativos de la Encuesta de Población Activa (EPA) y del INE, se demuestra la existencia de una mano de obra amplia y cualificada.
En los últimos años La Comunidad de Madrid ha registrado los incrementos de empleo más elevados de toda la Unión Europea.
- **Índices de formación de la Población.** Esta Comunidad cuenta con la mayor infraestructura de España de Centros de Formación Profesional y Universidades. Se ofrecen la casi totalidad de las titulaciones del panorama universitario español. incrementándose en los últimos años las enseñanzas pertenecientes a las Ciencias Experimentales, a la Salud y a Ciencias de todo tipo de orientación tecnológica. La Comunidad de Madrid dispone de personal de alta cualificación y cubre adecuadamente las áreas científicas y tecnológicas relevantes.
Los recursos humanos dedicados a I+D están registrando un incremento constante y significativo en los últimos años, llegando a superar no sólo la media nacional, sino también la comunitaria.
- **Los costes salariales y el Clima laboral.** Aunque Madrid es la Región con los costes laborales más elevados del país, en términos relativos, y comparados con las capitales europeas de mayor actividad económica, es de las más ventajosas. Ello unido a la situación demográfica descrita da lugar a la existencia de una oferta abundante y barata de mano de obra con un alto nivel de formación.
Se puede hablar de la existencia de un buen clima de entendimiento entre empresarios y sindicatos que se percibe en una baja conflictividad laboral y un bajo absentismo laboral.
En el contexto laboral también es importante señalar la flexibilidad e incentivos que la legislación laboral española ha experimentado en los últimos años.
- **Disponibilidad de Financiación.** La Comunidad de Madrid por ser enclave geoestratégico, y Madrid, por su condición de capital, concentran las sedes centrales o delegaciones de las más importantes empresas de servicios financieros del país y de organismos tanto de la Comunidad de Madrid como de la Administración Central y Europea.
Desde las Administraciones Públicas existen múltiples iniciativas de financiación y fomento de la innovación tecnológica, entre ellas, ayudas específicas para las empresas de la Comunidad y para las empresas de base tecnológica. También hay una importante presencia de entidades públicas y privadas especializadas en facilitar

diferentes modalidades de financiación a las empresas.

- **Dotación de Suelo.** En la Comunidad de Madrid existe una política activa de creación, rehabilitación y mejora de suelo industrial y terciario. Existe una amplia oferta de espacios con todas las infraestructuras necesarias de telecomunicación y transporte, tanto en la capital como en el extrarradio, entre las que cabe incluir los Parques Científicos y Tecnológicos, los Parques empresariales, los Centros de Empresas y de Servicios Empresariales, así como una importante oferta privada de naves y oficinas.

La mejora en las comunicaciones ha provocado que la decisión de la ubicación geográfica sea cada vez menos rígida y aumenten las opciones a considerar. Por otra parte se aprecia una cierta especialización por zonas geográficas que condiciona dicha decisión.

Desde la Administración pública se ofrece un servicio de "Localización de Áreas Industriales" (Consejería de Economía y Empleo de la Comunidad de Madrid) para facilitar la localización de los espacios disponibles, tanto público como privados, destinados a la implantación de actividades económicas.

También es de destacar el esfuerzo continuado del sector inmobiliario para desarrollar nuevos espacios de mayor calidad para dar cabida a actividades con elevados niveles de innovación y tecnología.

Finalmente, y como desventaja relativa, hay que mencionar que Madrid se encuentra entre las veinte ciudades del mundo más caras tanto por los precios de oficinas, como por los de las naves industriales.

5.3. Infraestructuras de Transportes y Comunicaciones

La importante actividad económica y social, así como la gran concentración de población plantean grandes demandas de infraestructuras logísticas y de telecomunicaciones. En este terreno, la Región Madrileña cuenta con una dotación de recursos de primer orden, que, además, está en continuo crecimiento, lo que la hace comparable a otras regiones europeas.

- **Red de comunicaciones terrestre.** La infraestructura de transportes (carretera, ferrocarril y aérea) de la Comunidad de Madrid es la más importante y ambiciosa de España, tanto en su situación actual como en los proyectos en marcha y en planificación.

La base principal de esta ventaja es ser el centro de un sistema radial global de transportes peninsulares, centro de tráfico aéreo nacional e internacional, y ostentar la capitalidad del Estado. Esto le confiere, dado su tamaño y población, tener una de las mejores redes de transporte público del mundo para el transporte de personas y mercancías, a larga y a corta distancia.

- **Logística.** La evolución de la infraestructura de transporte de la Comunidad hacia un modelo basado en los métodos logísticos es uno de los aspectos de cambio de la Comunidad de Madrid, y esto constituye la base de la adaptación a oportunidades como el mercado electrónico o el *e-business*.

Madrid es una Comunidad privilegiada por ser centro geográfico de la Península Ibérica, y por tener las mejores infraestructuras logísticas del Estado, con la Plataforma Logística propia de Madrid, incluidas las propias de una comunidad costera. La reciente liberalización del sector incrementa esta ventaja comparativa.

- **Infraestructuras de Telecomunicaciones.** La Región Madrileña constituye el centro nacional de la infraestructura de comunicaciones de voz y datos del Estado. Además, es donde se encuentra la mayor concentración de toda la Península Ibérica en las tecnologías de la información y comunicación TIC, y en la tecnología TMT. Esto hace que sea el centro de decisión y de negocio fundamental en el que realizar transacciones, negociaciones e inversiones para definir la estrategia del sector que, al tener un carácter global, se interrelaciona con el resto de España, la Unión Europea y el conjunto de los mercados internacionales.

Asimismo, y después de la fuerte crisis sufrida en los sectores afectos a esta actividad en el comienzo de siglo, destaca la elevada concentración de todo tipo de empresas relacionadas con las TIC en el área de Madrid principalmente, lo que agudiza la competencia local y propicia la necesidad de desarrollar nuevas infraestructuras y líneas de negocio. Actualmente se puede comprobar la paulatina recuperación del sector, lo que puede inducir la realización de nuevas inversiones, y, por tanto, deja una puerta abierta a la colaboración empresarial.

Por todo esto se pone de manifiesto el gran interés que despierta las posibilidades del modelo de cluster tecnológico para explotar el potencial actual de estas infraestructuras. Para ello conviene considerar las siguientes circunstancias que concurren en la Comunidad de Madrid:

- La concentración de los principales organismos reguladores y ministerios relacionados con la actividad del sector, unida a la presencia de las embajadas y, por tanto, de la representación comercial internacional.
- La sede central de las principales asociaciones y colegios profesionales del sector y de sectores relacionados.
- Las sedes centrales y sedes nacionales de las principales empresas del sector, incluso concentradas en zonas específicas de la Región.
- Las sedes de las principales empresas de financiación, nacionales e internacionales, de capital riesgo y convencionales, muy importantes en la creación de infraestructuras y empresas de tecnología.
- La central del mercado de valores español, la Bolsa de Madrid, y de sus supervisores, la Comisión Nacional del Mercado de Valores y el Banco de España. Las empresas más importantes cotizan en el mercado, en los índices sectoriales y el de Nuevo Mercado.
- Los principales y casi únicos nodos neutros nacionales con infraestructura internacional.
- La central de las televisiones nacionales, la central de Sogecable (fusionada con Vía Digital y tras la desaparición de Quiero TV, única plataforma digital de medios), las centrales de las principales radios, la Ciudad de la Imagen, y las centrales de la mayoría de los grupos de comunicación.
- Las centrales de medios, empresas de contenidos y la mayor contratación nacional de contenidos.
- Las centrales de los principales portales nacionales, sectoriales, bancarios, empresariales.
- El principal eje logístico de apoyo tecnológico nacional, tan importante para el comercio electrónico.
- Sede de muchas de las principales empresas más demandantes de estos servicios, como bancos, tour-operadores y agencias de viajes, hoteles, aviación, etc, que han incorporado como parte fundamental en su cadena de valor este tipo de tecnologías, estratégicas para su negocio actual.

Si atendemos a estos aspectos, y, además, al reciente incremento de la inversión en tecnología, a la recuperación de los distintos subsectores en los índices bursátiles nacionales e internacionales y a las refinanciaciones de deuda y capital riesgo que están teniendo estas empresas, el futuro del sector se presenta muy prometedor.

5.4. Estructura sectorial de la Comunidad de Madrid

La Comunidad de Madrid es una de las más activas de la economía española. Su Producto Interior Bruto (PIB) *per cápita* supera la media comunitaria y la proporción de los gastos en I+D respecto al PIB a precios de mercado (PIBpm) también es similar a la media europea.

La economía madrileña destaca por ser la que más actividad tiene relativamente en el **sector servicios** respecto al resto de España. Dentro de este sector destacan las actividades relacionadas con:

- **servicios empresariales**, entre los que habría que destacar los servicios técnicos y actividades informáticas (dejando de lado las actividades inmobiliarias o alquiler de maquinaria).
- **transporte, almacenamiento y comunicaciones**, destacando claramente correos y telecomunicaciones y transporte por carretera y canalización bajo diversos soportes.
- **intermediación financiera** en todos sus ámbitos.

Con relación a la **actividad industrial**, conviene destacar la fabricación de maquinaria y material eléctrico, la edición y multimedia, la actividad alimentaria y la química.

La estructura y composición de los sectores más avanzados de la Comunidad de Madrid son muy diversas, oscilando desde una situación de oligopolio en los de telecomunicaciones, farmacia, energético y aeronáutico, a la competencia perfecta que encontramos en el de turismo, y, en menor medida, la electrónica.

Por otra parte, no hemos de olvidar los sectores objeto de atención del Plan Nacional de I+D+i^[4] y de las directrices para la construcción del Espacio Europeo de Investigación, que apuntan en las siguientes direcciones:

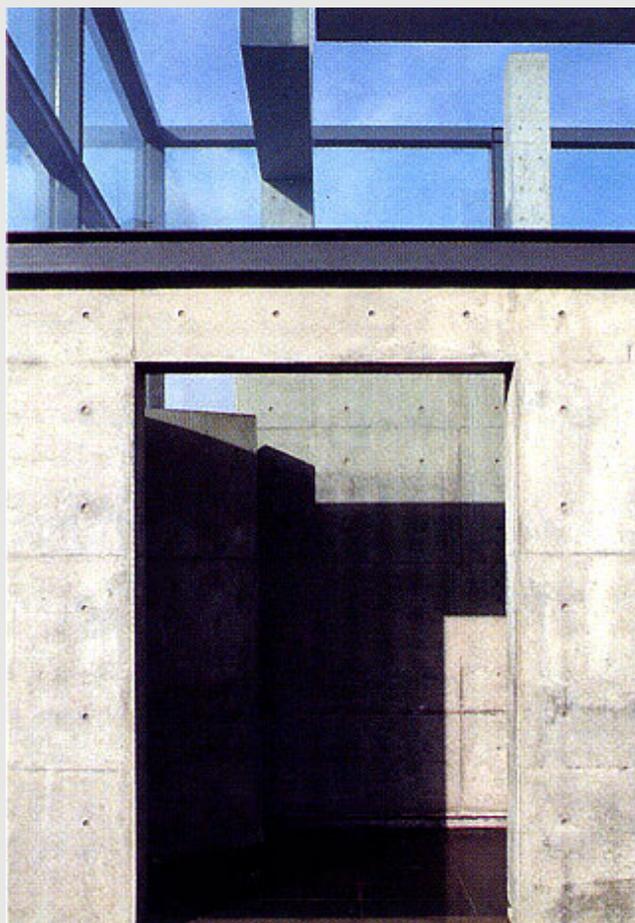
- Biomedicina
- Tecnologías agroalimentarias
- Tecnologías sanitarias

- Medio ambiente
- Sociedad de la Información
- Energía
- Materiales

En conclusión podemos resaltar que la Comunidad de Madrid es una región con una importante actividad económica y del análisis de su estructura sectorial cabe deducir la potencialidad de los sectores para formar parte de cluster tecnológicos.

5.5. Grado de Apertura de la economía^[5]

La economía madrileña es netamente importadora, su tasa de cobertura para el año 2004 fue el 31,52%. Además, entre el año 2003 y 2004 se incrementó el déficit comercial de Madrid en un 14,24%.



Por otro lado, la Comunidad de Madrid, en el año 2004, es la tercera comunidad autónoma exportadora con un 10,4 por ciento de las exportaciones españolas, detrás de Cataluña (26,6%) y de la Comunidad Valenciana (11,8%). Principalmente exporta bienes de equipo, semifabricados y manufacturas de consumo.

En cuanto a importaciones, también datos de 2004, se sitúa en segundo lugar con un 23,4% del total nacional, detrás de Cataluña (29%).

Los países con los que la región madrileña realiza el comercio exterior son básicamente los de la Unión Europea, en especial Francia, Alemania, Italia y Reino Unido.

Por otra parte, esta Comunidad atrae la mayor parte de las inversiones extranjeras directas en España (71,92% en 2001, 50,31% en el 2002, el 62,4% en el 2003 y el 40,21% en el 2004). En los últimos años estas inversiones se han dirigido hacia la hostelería, intermediarios financieros, transportes y comunicaciones e industria manufacturera.

También es la Comunidad que más invierte en el exterior, del total nacional en 2004 la Comunidad de Madrid invirtió el 66,96%, en 2003 el 58,85% y en 2002 el 61,84%.

5.6. El Sistema de Innovación y Tecnología

Como es bien sabido, los principales agentes del Sistema de Innovación de la Comunidad de Madrid, son las infraestructuras públicas de investigación, las empresas, las infraestructuras de apoyo y el papel de la política científica y tecnológica que anima al Sistema desde la perspectiva de los poderes públicos.

Los recursos del Sistema Regional Madrileño de Innovación y Tecnología

La Región Madrileña disfruta de una clara posición de ventaja respecto al resto de las regiones españolas en cuanto a la dotación de infraestructuras y utilización de recursos para la innovación en el sentido más amplio, situación ésta que se ve matizada por las siguientes apreciaciones:

- Todos los indicadores consultados (gasto en I+D, y stock de capital científico y tecnológico, por ejemplo) indican que la Comunidad de Madrid tiene un nivel de actividad en I+D netamente superior al del resto de España, aglutina aproximadamente la tercera parte de los recursos totales del Estado como consecuencia de la elevada concentración de instituciones públicas de investigación.
- Esta ventaja actual respecto al resto de las regiones españolas va acortándose poco a poco a lo largo del tiempo.
- En la comparación con el marco de referencia europeo, los resultados no son tan positivos, pues estamos por debajo en porcentaje del PIB dedicado a I+D, en stock de capital científico, y en personal dedicado a la investigación.

Y, aunque la Comunidad de Madrid se configura como un importante centro de actividad investigadora e innovadora dentro del Estado, esta supremacía está en ligera recesión como consecuencia de la transferencia de competencias a las Comunidades Autónomas, quienes, a su vez, están creando sus propios sistemas regionales de investigación e innovación.

El papel de las Empresas en el Sistema Regional de Innovación

No hay duda de que las empresas constituyen un pilar básico del Sistema Regional de Innovación, sobre todo aquéllas que tienen una decidida política de innovación. Desde esta perspectiva, el compromiso innovador de las empresas de la Comunidad de Madrid las posiciona en una clara ventaja en el contexto del Estado Español debido a la dotación de recursos que han asignado a ello y a la orientación de sus políticas de I+D+i, tendencia que las aproxima a las regiones más avanzadas de Europa y América del Norte.

Del análisis de la actividad de I+D+i^[6] de las empresas madrileñas se derivan varias conclusiones:

- La Comunidad de Madrid acoge a unas 1.500 empresas innovadoras, aproximadamente el 10% del total nacional.
- Estas empresas tienden a concentrarse en las industrias de alta tecnología (productos farmacéuticos y afines, electrónica y TIC, y aeroespacial) y media-alta tecnología (química, maquinaria y equipos, instrumentos óptica y relojería, construcción naval y otros equipos de transporte), aglutinando el 25% y el 13% respectivamente de ambas categorías en el contexto nacional.
- El gasto en I+D de las empresas madrileñas representa el 27,5% del total nacional, y junto con Cataluña (con un 26,05%) es significativamente más elevado que el del resto de las Comunidades del Estado^[7].

En términos comparativos el sector empresarial madrileño tiene una posición de ventaja respecto a resto del Estado en cuanto a stock de capital tecnológico, disponiendo de más de un 30% del total.

Esta ventaja global del sector empresarial de la Región Madrileña se va acortando paulatinamente con el paso del tiempo a medida que el resto de las Comunidades incrementan sus recursos dedicados a la innovación tecnológica. Y en comparación con el compromiso empresarial de otros países europeos está todavía muy por detrás.

La apertura exterior de la Comunidad Madrileña, junto con el incremento en los recursos dedicados a la I+D+i en las últimas décadas, ha provocado en la Región los mismos procesos evolutivos del tejido económico que se han producido en otras zonas avanzadas: el desarrollo de sectores de alta tecnología y de servicios, que son la base de todo.

Las Infraestructuras de Apoyo a la Investigación

Existen una serie de instituciones de muy diversa índole que facilitan la actividad innovadora de las empresas mediante la oferta de un abanico de servicios más o menos especializados, creando entornos favorables para el intercambio de conocimientos, redes de cooperación e instrumentos de soporte para la viabilidad y el acercamiento al mercado de los desarrollos comerciales de las empresas innovadoras.

Sin pretender ser exhaustivos, se pueden identificar varias infraestructuras, sobre cuyas funciones y actividad se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- **Centros Tecnológicos y Empresariales**, categoría ésta que aglutina a los Centros Tecnológicos propiamente dichos, a los Parques Empresariales y a los Parques Científicos y Tecnológicos. De ellos puede apuntarse que el funcionamiento de la oferta pública en este capítulo es todavía deficiente por la ausencia de criterios de especialización científica y tecnológica en la red de Parques y Centros de Empresas para crear una masa crítica de empresas y actividades afines que proporcionen ventajas comparativas a nivel regional.
- **Fundaciones Universidad-Empresa y las Fundaciones Generales de las Universidades, y las Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTRIs)**, que, aún siendo instrumentos apropiados para los fines propuestos, todavía no son suficientemente conocidos y legitimados, tanto en el medio investigador como en el empresarial.

La Política Científica y Tecnológica

Este es el principal instrumento en manos de las autoridades regionales para la implantación de un Sistema de Ciencia y Tecnología, y para el diseño y puesta en marcha de una política científica y tecnológica que potencie y explote la dotación de recursos de la Región para su mayor competitividad y su posicionamiento entre las regiones de excelencia de la Unión Europea.

En el caso de la Comunidad de Madrid, hasta la fecha no se dispone de una política unificada de innovación y desarrollo tecnológico, pues estas competencias están repartidas entre las Consejerías de Educación y de Economía e Innovación Tecnológica. Además, la coordinación entre los diversos agentes de la Administración Regional (Comunidad y ayuntamientos) es todavía incipiente en materia de innovación tecnológica.

El resultado de esta situación es la puesta en marcha de una serie de iniciativas muy concretas y dispersas que, al carecer de un marco institucional y estratégico claramente definido, se limitan a cubrir necesidades puntuales. Desde nuestra perspectiva, cabe destacar la posición de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación con el Plan Regional de Investigación Científica y Tecnológica (IV PRICIT 2005-2008).

Estas acciones tienen un planteamiento muy ambicioso, aunque con un impacto muy limitado por:

- Ceñirse casi exclusivamente al medio universitario e investigador.
- Carecer de recursos suficientes para movilizar a más agentes y reforzar las acciones de sensibilización y divulgación, pues es necesario un gran esfuerzo de promoción para conseguir cambios de valores, que son el principal motor de cambio.
- No priorizar la actividad comercial activa hacia las empresas.

Por tanto, la carencia de una política clara y coherente en materia de política científica, tecnológica y de innovación debe ser una de las prioridades de la Administración regional para obtener el máximo rendimiento del potencial innovador de la Región.

5.7. Entorno Legal

La Legislación, Jurisprudencia y Sistema Procesal de la Comunidad de Madrid es la común al Estado español, por lo que las ventajas de tipo jurídico del establecimiento de los cluster en esta comunidad estriban en la presencia de todas las estancias y órganos judiciales, así como la sede central de los mismos.

Lo que sí supone una ventaja comparativa es gran concentración de instituciones públicas y de servicios profesionales altamente cualificados en materia de asistencia técnica y jurídica.

Tanto por su condición de capitalidad y de ser centro de los principales reguladores e instituciones, como por formar parte del marco general nacional y europeo, la Comunidad de Madrid tiene ventajas claras para la formulación legal de los cluster, no existiendo diferencias fundamentales con las legislaciones de nuestros vecinos europeos.

Sólo empaña en este marco la existencia de una legislación laboral muy poco flexible, como denuncia frecuentemente la OCDE, pero existe una tendencia clara hacia esta liberalización.

6. La actividad sectorial de la Región Madrileña desde la perspectiva de los clusters tecnológicos

Además de esta información específica del potencial de la Región Madrileña para la formación de clusters tecnológicos, el equipo investigador consideró necesario realizar un análisis de la estructura competitiva actual de ésta, a fin de conocer cuáles son sus sectores mas innovadores, y, de éstos, cuales son aquéllos en que la mayor parte de los inputs se generan en Madrid con la finalidad de identificar potenciales clusters tecnológicos desde los enfoques de interdependencia y similitud^[8]. Para ello se utilizaron las Tablas Input-Output de la Comunidad de Madrid para el año 2001^[9] buscando relaciones de interdependencia entre sectores y relaciones de intercambio con otras áreas económicas. Del análisis realizado se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- Los sectores más activos de la Región Madrileña son los de Actividades Inmobiliarias y de Alquiler y Servicios Empresariales, la Industria Manufacturera, el transporte y las comunicaciones, la construcción, y la intermediación financiera.
- Los sectores con más agilidad importadora son la industria manufacturera y las actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales.
- Los sectores con mayor demanda interna son la industria manufacturera y las actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales, y el transporte, almacenamiento y comunicaciones.
- La formación bruta de capital se concentra principalmente en la industria manufacturera, la construcción y la actividad comercial, reparación de vehículos y productos de uso doméstico.
- La producción de la Región Madrileña se exporta principalmente al resto del Estado, y, en segundo lugar, a la Unión Europea, siendo los sectores mas activos la industria manufacturera y las actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales, el transporte, almacenamiento y comunicaciones, se concentra principalmente en la industria manufacturera, la construcción y la actividad comercial, reparación de vehículos y productos de uso doméstico, e intermediación financiera.
- Finalmente, desde la perspectiva de la aportación de valor añadido, los sectores con mayor actividad son Otros Servicios, Actividades Inmobiliarias y de Alquiler y Servicios Empresariales, la Industria Manufacturera, la Actividad Comercial, Reparación de Vehículos y Productos de Uso Doméstico, y Transporte, almacenamiento y Comunicaciones.

Dado que el objetivo de la investigación es la identificación de sectores susceptibles de desarrollarse mediante el modelo de cluster tecnológico, el equipo investigador analizó la composición de los sectores más activos de la Región Madrileña para identificar:

- Aquellos **subsectores industriales susceptibles de considerarse estratégicos, emergentes, o en crecimiento**. Destaca la gran interdependencia entre los mismos, su fuerte dinamismo, la globalización y su fuerte competencia internacional. A continuación se relacionan los sectores mas relevantes, junto con un resumen de sus características básicas:

Telecomunicaciones: dividido a su vez en telecomunicaciones-voz y su clara evolución hacia telecomunicaciones-datos. Sector oligopolístico en la oferta y en la demanda, recientemente desregulado, todavía en proceso de liberalización y acceso libre a la competencia, con gran capilaridad sobre el resto de los sectores económicos y las economías domésticas. Desintegración vertical hacia el cliente, concentración horizontal de compañías e integración vertical hacia el origen mediante alianzas de infraestructura. Fuerte influencia de la globalización y proceso de concentración internacional. Una de las partes fundamentales de las TIC y uno de los sectores más indicados para la creación de clusters, que ya están prácticamente formados.

Electrónica: sector globalizado y muy atomizado, no tanto por su tecnología como por sus aplicaciones. Es estratégico y maduro en sus aplicaciones

tradicionales, pero destaca su emergencia y desarrollo por su aportación al sector de las TIC. Gran desarrollo en su actividad, con creciente importancia sobre el PIB. Concentración por adquisiciones, absorciones y alianzas empresariales.

Farmacéutico: en clara evolución debido a la creciente diferenciación entre las farmacéuticas tradicionales y las nuevas empresas de biotecnología, que diversifican su actividad entre actividades tradicionales y las relacionadas con la nueva economía. Sector claramente oligopolístico, con grandes necesidades de financiación y largos períodos de maduración de la inversión, que se abre gracias a la creciente aparición de empresas de base tecnológica, ampliando su alcance. Destaca, asimismo, su globalización y relación con otros agentes, como entidades públicas y privadas de investigación, universidades y otras empresas, con una clara reducción de las asimetrías informativas y las limitaciones a la innovación. Fuerte emergencia de las denominadas *genomics*, empresas basadas en las tecnologías derivadas de la genética, que contrasta claramente con la fuerte concentración internacional de estas compañías, en su parte tradicional. Sector tradicionalmente volcado hacia alianzas, muy clusterizable.

Defensa: que su vez se desagrega en función de la tecnología, cubriendo entre otras las comunicaciones y la aeronáutica. Aunque tradicionalmente se relaciona prácticamente con un monosopnio, al tener como casi único cliente al sector público y poca internacionalización, se globaliza y agrupa en consorcios transnacionales, integrándose por el desarrollo de la UE. Mercado oligopolístico de oferta, tiene gran capilaridad en la cadena de componentes y subcontratas. Una vez más, muy sensible a la colaboración empresarial y a la integración cross-sectorial, y concentración por áreas sectoriales. Con rentabilización ulterior en proyectos de aplicación civil.

Aeroespacial: con usos civiles y militares, muy globalizado y oligopolístico, en proceso de concentración. Como en el caso anterior, la colaboración con la constitución de alianzas y consorcios internacionales y transnacionales ha introducido una gran cadena de empresas de componentes y subcontratas, integrando empresas de otros sectores. Es también un sector con fuerte colaboración multilateral y cross-sectorial.

- **Los sectores clave por tendencias en innovación y tecnología:** claramente relacionados con los planes de la UE, España y de la Comunidad de Madrid, aunque en algunos casos no tenían una presencia significativa en la información estadística disponible, constituyen los sectores de mayor proyección estratégica, en los ámbitos gubernamental y económico. Están muy relacionados con los del grupo anterior. Estos son:

Biotecnología: relacionado con las farmacéuticas, el sector alimentario, el medio ambiente, etc... Se trata de un sector emergente en múltiples áreas del mundo, y en el que nuestra Región tiene un indudable potencial.

Electrónica: sector ya presente en la Región desde los albores de su existencia, pero que continúa en expansión, principalmente en sus aplicaciones sobre informática, telecomunicaciones, aeronáutica, domótica, informática, robótica y tratamiento de materiales.

Multimedia: íntimamente relacionada con la informática, la gestión de contenidos de formación, ocio, comunicaciones, etc.

Medio ambiente: sector en fase de crecimiento con importante potencial en aplicaciones para energías limpias, reciclado de residuos y desarrollo sostenible.

Dada la presencia significativa de estos sectores en la Región Madrileña, y las relaciones de complementariedad y convergencia que se pueden dar entre ellos, cabe deducir la posibilidad de que alguno de ellos sea susceptible de desarrollar una estructura de cluster tecnológico.

7. Conclusión: Áreas susceptibles de configurar clusters tecnológicos

De las consideraciones anteriores y del análisis de las condiciones y factores que reúne la Comunidad de Madrid, se puede inferir que cuenta con una posición de partida muy favorable para la implantación de políticas de desarrollo basadas en el modelo de clusterización.



En el entramado económico de la Región los sectores más susceptibles de beneficiarse del modelo de clusterización tecnológica son aquellos relacionados con tecnologías avanzadas que desarrollan actualmente una gran actividad, los que se relacionen con los planes de I+D+i nacionales o europeos, ó los que puedan considerarse sectores estratégicos, emergentes o en crecimiento, o reciban un fuerte apoyo institucional que les convierta en uno de los ejes estratégicos de la actuación gubernamental y empresarial. Desde esta perspectiva destacan:

- En primer lugar, el de las **Tecnologías de la Información y Comunicación y Tecnología, Medios de comunicación y Telecomunicaciones (TIC-TMT)**, por disponer de una masa crítica de empresas, de recursos, pero, sobre todo, de mercado, sobre la que basar su consolidación y crecimiento por la vía del desarrollo de nuevas soluciones y aplicaciones a otros sectores y actividades. Su desarrollo y configuración actual se ha llevado a cabo sin ninguna intervención institucional, y se encuentra en una situación madura en plena integración con los mercados internacionales. Su desarrollo mediante un proceso de clusterización sería muy recomendable siguiendo las pautas de otras experiencias exitosas en diferentes lugares del mundo.
- El siguiente sector sería la **biotecnología**. Por su carácter de emergente, y por ser objeto de atención de múltiples agentes públicos y privados tanto en nuestro país como en otros entornos geográficos, en él se dan muchas circunstancias favorecedoras para la creación de un cluster. Entre ellas destacan el "efecto de capitalidad, junto con la disponibilidad de universidades y centros de investigación, hospitales, y un sistema público de innovación y tecnología dispuesto a impulsar la creación de empresas de base tecnológica en este sector. Todo ello referido a un sector en el que la Región Madrileña ocupa una posición puntera respecto al resto de las regiones españolas.
- La industria **farmacéutica** constituye un tercer sector en el que se podría impulsar un cluster tecnológico, pero principalmente entre las empresas españolas ubicadas en la Comunidad. Éstas podrían beneficiarse de las mismas ventajas del sector biotecnológico, y disfrutar, además, de sus recursos financieros y poder de mercado. Como contrapartida, habrían de ser capaces de superar el reto de la colaboración como vía de entrada al proceso de clusterización y poder así afrontar la dinámica de concentración empresarial que se está desarrollando a nivel internacional, y, en particular, la de la industria europea.
- El **sector aeroespacial**, caracterizado por un intenso proceso de integración a nivel internacional, y cuya actividad ya tiene una larga tradición en la Región. Este sector está siendo objeto de un plan especial presentado en la primavera del 2005^[10], cuyo objetivo es mejorar la competitividad del sector mediante la especialización y

excelencia empresarial en segmentos de futuro con la finalidad de atraer negocio e inversión a la Región, crear empleo de alta cualificación, y lograr su diversificación e internacionalización. Para ello se trata de movilizar todos los recursos y agentes relacionados con el sector en un esfuerzo pionero en la Región Madrileña de puesta en marcha de un cluster tecnológico.

Se trata, por tanto, de sectores basados en la ciencia y el conocimiento, con una intensidad competitiva elevada, y una base tecnológica y de mercado con masa crítica suficiente como para desarrollarse mediante procesos colaborativos intensivos en innovación endógena y con un marco institucional coherente y comprometido. Características que en un contexto como el de la Comunidad de Madrid, con la riqueza de recursos y posibilidades que ofrece y con una política de desarrollo basada en el modelo de clusterización permitiría promocionar la actividad empresarial innovadora tan necesaria para el futuro de nuestra Región.

Notas :

[1] Esta metodología, inicialmente propuesta para el análisis de la capacidad competitiva de un país o región -o de una industria nacional- a nivel internacional, implica un elevado conocimiento del entorno, del tejido empresarial, de los agentes influyentes en el mismo, de las interrelaciones entre ellos, y una capacidad de predicción del futuro que cabe esperar está sujeta al subjetivismo de quien analiza la situación.

[2] Este enfoque ha sido habitual en el análisis de muchas experiencias de cluster, sobre todo industriales, que han pretendido detectar las interrelaciones existentes entre los sectores partiendo del análisis de las matrices insumo-productos. Entre la amplia literatura existente podemos destacar Montfort & Dutailly (1983) Francia, Roelandt (1986) Van Der Gaag (1.995) y Witteveen (1.997) en Holanda, Hanel (1994) en Canadá, De Bresson et al., (1994) en Italia, y Fese-Bergam (1997) en los EE.UU. Sin embargo, este enfoque no resulta fiable por centrarse exclusivamente en las relaciones cliente-proveedor dejando de lado la presencia de otros actores y circunstancias de indudable importancia. En esta misma línea se ignora la presencia de flujos comerciales y de otra índole con otras regiones. Además, la información disponible no suele estar actualizada ni suficientemente desagregada. No obstante, en la investigación que ha servido de base al presente artículo se ha aplicado también el análisis input-output para conocer mejor los intercambios comerciales de la Región Madrileña.

[3] En total se identificaron unas ochenta experiencias de clusterización relevantes a nivel internacional, abarcando todo tipo de sectores y zonas geográficas avanzadas. De ellas, se escogieron las más innovadoras y relacionadas con la actividad industrial presente, y emergente, en la Región Madrileña. Con ello se seleccionó un total de cincuenta clusters que se relacionan a continuación: Sistema de Clusters de la Ciudad de Toronto, Ottawa technology cluster, Sistema de Clusters de la ciudad de Montreal, Sistema de Clusters de la Provincia de Nova Scotia, Vancouver, ILLINOIS TECHNOLOGY CLUSTERS, Massachusetts Industry Cluster, Bay Area Houston Economic Partnership, Culminatium LTD OY, Teknopol, North Dublin Cluster, Optec-Berlin-Brandenburgo, Photonic Net, Australia Photonics CRC, Victorian Photonics Network, New York Optics & Imaging Industry Cluster, Brittany Optics COSAT, Optics Valley France, Medicon Valley, Bio Valley, BioTop Cluster, AusBioTech, NSW BioHub, Qbio, BioCom Cluster, Bay Area BioScience Center, Life Science Cluster in Greater Boston, BioBelt, Connecticut Bioscience Cluster (CURE), Washington biotechnology, New York Biotechnology, Evry Genopole, Stockholm BioScience, Queensland, Multimedia Cluster, Øresund IT Cluster, GAIA, Silicon Valley, Communications & Media services industry cluster, Finnish ICT Cluster, Telecom Valley (Sophia Antipolis), Dutch Multimedia Cluster, ICT Amsterdam, Thames Valley, Scottish Electronic Cluster, Time Stockholm, INNOCLUS Metal & Machine Building, Hsinchu Science-based Industrial Park, Innopoli, Jaipur Cluster, y Automobile Cluster of Lisbon and the Tagus Valley.

[4] Véase www.mec.es/ciencia/jsp/plantilla.jsp?area=plan_idi&id=2

[5] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: Sector exterior 2004-05. Información Comercial Española. Subdirección General de Estudios sobre el sector exterior y la competitividad.

[6] A este respecto véase el interesante trabajo de M. Buesa, A. Gutiérrez de Gandarilla y J. Heijs (2003) Capítulo XIII "El Sistema Regional de Innovación" en Situación Económica y Social de la Comunidad de Madrid 2002. Consejo Económico y Social. Comunidad de Madrid. www.ucm.es/BUCM/cee/iaif/30/30.htm

[7] Instituto Nacional de Estadística: Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas www.ine.es/

[8] La utilización de las Tablas Input-output para la identificación de sectores con potencial de clusterización tecnológica se ha aplicado al caso de Baja California. Véase a este respecto ARÓN FUENTES, N.; MARTÍNEZ-PELLÉGRINI, S.: "Identificación de Clusters y Fomento a la Cooperación Empresarial: El Caso de Baja California". Momento Económico. Número 25. Enero-Febrero 2003, pags.39-57. En este contexto conviene identificar dos enfoques de clusterización: el de interdependencia, y el de similitud. El enfoque de cluster basado en interdependencia parte del supuesto de que las actividades económicas se agrupan en función de la necesidad recíproca para cooperar, alcanzar diversos tipos de economías, e innovar, mientras que los clusters basados en la similitud se justifican por tener condiciones similares en cuanto a necesidades de factores, acceso a fuentes de innovación, medios de comunicación, instituciones, etc...

[9] En la investigación original se utilizaron las Tablas Input-Output del año 2000, pues el retraso en la publicación de estos datos alcanza a los cuatro años. En junio de 2005 se publicaron las del año 2001, por lo que hemos actualizado las cifras, ya que las tendencias no han variado sensiblemente. Sin embargo, dado el dinamismo de la economía madrileña, es posible que la situación actual sea diferente. Comunidad de Madrid. Tablas Input-Output 2001. Instituto de Estadística. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. www8.madrid.org/iestadis/estructu.htm

Bibliografía

- ALBU M. (1997): "*Technological learning and Innovation in Industrial Clusters in the South*". Science Policy Research Unit. University of Sussex. Brighton. September.
- ARÓN FUENTES, N.; MARTÍNEZ-PELLÉGRINI, S. (2003) "*Identificación de Clusters y Fomento a la Cooperación Empresarial: El Caso de Baja California*". Revista Momento Económico. Número 25. Enero-Febrero.
- BATTERHAM, R. (2002) "*The Cluster is the Innovation System*". Commonwealth of Australia. Australia.
- BERG, L. (2003) "*The Finnish model in the European perspective*". Erasmus University Rotterdam/ European Institute for Comparative Urban Research, (EURICUR). Netherlands.
- BROUWER, E.; HERTOOG, P. (2000) "*Key Data on the Dutch Information and Communication Cluster*". Contribution to the TSER project 'RTO's in the Service Economy' (SOE1-CT98-1115). May.
- BOUWMAN, H.; ELFRING, T.; HULSINK, W. (2001) "*High Tech Valleys in the Low Countries? Entrepreneurship, Incubators and ICT-Clusters in the Netherlands and Flanders*". The Netherlands.
- CALVERT, J.; PATEL, P.; SENKER, J. (2002) "*An International Benchmark of Biotech Research Centres*". European Commission. September.
- CELADA CRESPO, F. (1999) "*Los distritos industriales de la Comunidad de Madrid*". Papeles de economía española nº18.
- COMUNIDAD DE MADRID (2000) "*La economía de Madrid según la tabla input-output de 1996*". Ed. Civitas. Madrid.
- COMUNIDAD DE MADRID (2003): "*Marco Input-Output de la Comunidad de Madrid 2000. Informe metodológico*". Instituto de Estadística. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica.
- COOKE, P. (2001) "*Clusters as Key Determinants of Economic Growth: The Example of Biotechnology*". Age Mariussen. Stockholm.
- CORTRIGHT, J.; MAYER, H. (2002) "*Signs of Life: The Growth of Biotechnology Centres in the U.S.*". The Brookings Institution Centre on Urban and Metropolitan Policy. Portland State's University.
- DUCH, E. (2003) "*Connecting Clusters- Motivation and Examples*". Building Competitiveness Business Clusters. European Seminar on Cluster Policy. Copenhagen.
- FARIÑAS, J. C.; MARTÍN MARCOS, A. (2000) "*La industria y el desarrollo tecnológico en la Comunidad de Madrid. Nº335/336*". Ministerio de Ciencia y Tecnología. Volumen V-VI.
- FUNDACIÓN COTEC (2004) "*Documento para el debate sobre el sistema de innovación en la Comunidad de Madrid*". Madrid.
- FUNDICOT (1997) Asociación Inter-profesional de Ordenación del Territorio. *Bases del Plan Regional de Estrategia Territorial de la Comunidad de Madrid: Análisis y valoración*.
- IMADE (2000) "*Empresas Fabricantes de la Industria Electrónica y Proveedores de Servicios de Telecomunicación en la Comunidad de Madrid*".
- INCAE (2001) *Diagnóstico del Cluster de Tecnología de Información en Venezuela*. Mayo.
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (1999) "*Cuentas del Sector Industrial en la Comunidad de Madrid. (base 96)*". Madrid.

Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (2000) "Contabilidad Regional de la Comunidad de Madrid". Base 1996. Serie 1993-1999. Madrid.

INSTITUTO L. R. KLEIN-CENTRO STONE (2003) "Situación y Predicción de la Economía Madrileña".

JACOBS D.; DE MAN A. P. (1995) "Clusters, Industriebeleid and Ondernemingsstrategie", Economisch Statistische Berichten. Febrero.

JOHNSTON, R. (2003) "Clusters: A Review. Prepared for 'Mapping Australian Science and Innovation' Department of Education, Science and Training". The Australian Centre for Innovation Limited. March.

LENNIHAN, M. (2003) "Cluster Mapping-A Valuable Tool for Policymaking?". EU Clusters Seminar. Council of Competitiveness.

LIPPOWITSCH, S. (1998) "New York State's Technology-Driven Industries: Biotechnology and Pharmaceuticals". Empire State Development Agency. United States.

NAVAS LÓPEZ, J. E.; NIETO ANTOLÍN, M. (2003) "La innovación tecnológica en trece sectores de la Comunidad de Madrid". Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad de Madrid. Madrid I+D.

OCDE (1999) "Science, Technology and Industry Scoreboard 1999. Benchmarking knowledge-based economies". París.

PORTER, M. E. (1998) "Clusters and the new economics of competition". Harvard Business Review, vol. 76, nº 6, Boston.

PORTER, M. E. (2001) "San Diego. Clusters of Innovation Initiative". Council of Competitiveness. United States.

PORTER, M. E. (1990) "The competitive advantage of nations". Free Press. New York.

QUINTANA C.; VELASCO B. (2003) "Gestión estratégica de la tecnología y economías de aglomeración". Madrid+d. Mayo.

SVILUPPOITALIA (2001) "Attracting foreign investment in Italy: the competitive advantages of the ICT sector".

THE NEW YORK BIOTECHNOLOGY ASSOCIATION (2001) "Industry Report". United States.

YLINENPAA, H. (1999) "Science Parks, Cluster and Regional Development". Lulea University of Technology. Sweden.

Páginas web

Biotechnology industry organization. Milestones 2003.
www.bio.org/speeches/pubs/milestone03/

Bio 2002 Toronto. San Diego Regional Economic Development Corporation. www.sandiegobusiness.org/newsletter_template.asp?newsletterID=34

California State Government. Matrix of selected California industry cluster studies. commerce.ca.gov/tca/pdfs/link_overview/ersi/SelectedCAIndustryClusterStudies.pdf

Chamber of Commerce of Amsterdam. www.amsterdam.kvk.nl/home/homeUK.asp

Canadian relocation systems. The online guide for people on the move across Canada. relocatecanada.com/toronto/business.html

Competitive advantage of nations/ Regions & Internalization through clusters. Brennig

Lörincz, Richter. www.univie.ac.at/IM/download/36

Comunidad de Madrid. Anuario estadístico de la CAM 1985-2003. Datos estructurales. Magnitudes económicas. Sector exterior. www8.madrid.org/iestadis/

Comunidad de Madrid. Comercio exterior de la CAM 1988-2001. Resultados por Comunidades Autónomas 2001. www8.madrid.org/iestadis/

Comunidad de Madrid. Tablas Input-Output 2001. Instituto de Estadística. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. www8.madrid.org/iestadis/estructu.htm

Indicadores sociales por Comunidades Autónoma. www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/sociales/i_indsoc.htm

INE. Instituto Nacional de Estadística. Base Datos. España en cifras 2002. www.ine.es/prodyser/pubweb/escif/escif02.htm

Informe Rating de la Comunidad de Madrid. www.madrid.org/staticFiles/site_8601/cit_13710/standardespanol%202003.pdf

Lista de instituciones financieras. Banco de España. www.bde.es/estadis/ifm/if_es.html

Fondation Sophia Antipolis. www.sophia-antipolis.org/index1.htm

IMADE Internacional. www.investinmadrid.com/

Industry week. Hot competition for high tech. William H. Miller. 5.1.2000. www.industryweek.com/CurrentArticles/asp/articles.asp?ArticleId=804

Instituto de estadística de la Comunidad de Madrid. Estimación de las cuentas municipales de la industria manufacturera madrileña 1997. www8.madrid.org/iestadis/cmunita.htm

Madrid centro de investigación e innovación. Madri+d. www.madrimasd.org/informacionidi/default.asp

MADRIDIARIO: La región de Madrid destaca como foco de atracción para los inversores y emprendedores internacionales.

Metodologías para la creación de clusters industriales virtuales.

Ministerio de Economía, Dirección General de Política de la PYME. Estadísticas PYME. www.ipyme.org/IPYME/es-ES/EstadisticasPublicacionesEstudios/

Oslo teknopol IKS. Jon- Gunar Aasen. Project manager. [www.madrimasd.org/InformacionIDI/PoliticasyRegionales/metropolis/documentos/Helsinki_\(Oslo\).ppt](http://www.madrimasd.org/InformacionIDI/PoliticasyRegionales/metropolis/documentos/Helsinki_(Oslo).ppt)

RITTS Oslo. Innovation Relay Centres and Innovating Regions in European Central Unit. www.innovating-regions.org/download/Oslo.pdf

Sophia Antipolis, intelligent by nature. www.sophia-antipolis.net/uk/eaeye.infonomics.nl/papers/Lazaric.pdf

South Bay Economic Development Partnership. Review of South Bay Key Industry Clusters. 2001. www.southbaypartnership.com/Publications/industry_clusters.pdf

Tipología municipal de la Comunidad de Madrid www.madrid.org/iestadis/permun01.htm

What the economy looks like now? Sweden www.kultgeog.uu.se/gutb/CGoS/CGoS02/cg_ekge1.pdf

World Business Council for Sustainable Development. Toronto aims to establish first new mobility cluster. 2002.



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Distritos, tecnópolis y regiones del conocimiento en Japón: cambios organizativos en las áreas metropolitanas

Si bien la economía moderna es un mosaico de sistemas de producción interdependientes, éstos se desarrollan apoyados en economías de aglomeración y transacciones, e impulsados por acciones e instituciones públicas que implementan políticas de ciencia y tecnología a escala regional o nacional. En este contexto de desarrollo emergen nuevas áreas para la investigación, desarrollo tecnológico e innovación que en este nuevo proceso de industrialización tienen características particulares. Cuando analizamos la evolución de la economía, tecnología e industria, la transformación de las áreas urbanas desde la ciudad central hacia zonas menos urbanas es un punto de vista indispensable. El concepto de ciudad tiene dos significados, uno temporal y otro espacial, en sus relaciones con otras áreas en las que ejercemos una gran influencia. Este trabajo examina un área tecnopolitana de Japón en relación con los cambios organizados en grandes áreas de tipo metropolitano, como es el caso de Chubu -área de Nagoya- situada en la región central de Japón. En un premier bloque se plantea la importancia de la ciencia y la tecnología en el nuevo desarrollo. A continuación, las ciudades de la ciencia y la tecnología con sus características principales. Y, por último, se abordan las funciones y roles de las tecnópolis japonesas. Las páginas y los datos que siguen se han recogido in situ durante estancias continuas realizadas en los últimos años.

D. Julio César Ondategui
jcesar.ondategui@madrid.org



Dirección General de Universidades e Investigación
Comunidad de Madrid



1. El nuevo marco del desarrollo tecnopolitano

Desde los años setenta las condiciones económicas en los países del mundo industrializado han cambiado considerablemente. La ruptura con las tendencias anteriores puso de manifiesto que el modelo de crecimiento iniciado en los años cincuenta se enfrentaba a una crisis fundamental. Esta evolución ha provocado modificaciones estructurales en la organización de las economías urbanas, y ha llevado a que el nuevo desarrollo esté siendo influenciado por una nueva revolución tecnológica y por la emergencia de un nuevo sistema productivo.

La economía mundial presenta hoy características muy diferentes a las que imperaban a comienzos de los años setenta, cuando el sistema productivo se enfrentaba a una crisis de rentabilidad. El nuevo paradigma tecno-económico, lentamente da paso a un sistema de producción apoyado en la información, producción flexible, especializada, descentralizada y

de economías de aglomeración. Según Fujita, Krugman y Venables (1999), la combinación de factores como una mayor accesibilidad y una mejor dotación de recursos humanos con la existencia de fuertes vínculos empresariales y de economías de escala y aglomeración en los centros urbanos, y menores costes de transporte, favorece una mayor concentración de la actividad económica. Si bien la economía moderna es un mosaico de sistemas de producción interdependientes, éstos se desarrollan apoyados en economías de aglomeración y transacciones, e impulsados por políticas, acciones e instituciones públicas. El cambio tecnológico tiende a favorecer las áreas urbanas, frenando u obstaculizando así la descentralización de la actividad económica hacia áreas menos densas en flujos y recursos.

A lo largo y ancho del mundo hay numerosos ejemplos de procesos que revelan la interacción entre políticas tecnológicas y desarrollo regional, así como sus consecuencias, a veces contradictorias, en ocasiones, complementarias. Y, a escala interna de los países ya industrializados emergen nuevos espacios industriales y nuevas infraestructuras de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que en este nuevo proceso de concentración tienen características particulares.



En este contexto, si las regiones que ganan, lo hacen por los modelos y estrategias que adoptan, especialmente en la organización industrial y las relaciones capital-trabajo, en Japón las estrategias y relaciones entre empresas integradas, y por redes de empresas relacionadas por subcontratación o por asociación, junto a los gobiernos, han desarrollado una nueva generación de ciudades industriales que integran los aspectos económicos, sociales, culturales, políticos, medioambientales y, en definitiva, nuevas formas de gobernar empresas y territorios.

2. Las ciudades de la ciencia y tecnología: una alta concentración

La literatura especializada reconoce que para generar innovaciones tecnológicas de una manera continua, es importante construir un marco social en el que todo, desde la investigación básica a la investigación aplicada, el desarrollo de los resultados de esta investigación en productos, y la creación de empresas para producir y comercializar los productos, es decir, el desarrollo de multitareas, que tiene lugar de arriba a abajo y viceversa entre la ciencia y los medios tecnológicos, está unido, trabado y bien organizado.

Podemos decir que la concentración y la alta selectividad que la ciencia y la tecnología necesitan para crear, desarrollar, transmitir y difundir innovaciones, se obtiene en ciudades que aprenden integrando estructuras organizativas para favorecer las sinergias entre múltiples agentes que impulsan el desarrollo tecnológico entre las empresas del área urbana.

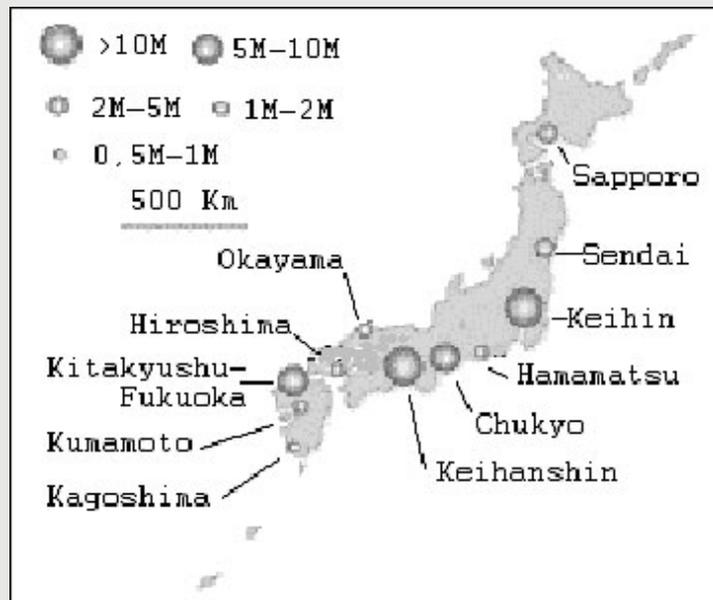
3. Áreas metropolitanas y ciudades en Japón

Japón es un país con el 67,5 % del territorio ocupado por bosques. El escaso suelo disponible para otras actividades proporciona buenas densidades de población con unos patrones de urbanización altos incluso en las zonas septentrionales menos densas.

3.1. Migraciones y concentración urbana

El gobierno tiene definidas 11 áreas metropolitanas con más de un millón de habitantes (mapa 1). El rasgo distintivo de estas ciudades es la elevada concentración de población que arrojan, debido a las migraciones internas. Estas áreas concentran más del 60% de la población total y soportan gran parte del peso económico del archipiélago. En general, las ciudades japonesas experimentaron durante la segunda mitad de la década de los años 80 un notable crecimiento demográfico, debido al movimiento de empleos desde las áreas más rurales para trabajar en la industria, mientras que el saldo migratorio con el exterior es nulo. El crecimiento demográfico medio de estas áreas urbanas fue del 6%, llegando a un 13,1% en el caso de Kumamoto.

Mapa 1. Áreas metropolitanas en Japón



Fuente: Elaboración propia

Los cambios demográficos que se producen en las últimas décadas debidos al aumento de la esperanza de vida, que en 1995 alcanzaba los 79,44 años, y a la baja tasa de natalidad, no aseguran suficientes empleos para mantener el ritmo expansivo, así como para financiar un sistema de seguridad social con gastos crecientes debido al gran número de personas con más de 65 años, especialmente en las metrópolis de Kagoshima, Okayama e Hiroshima.

Por otra parte, y en lo que se refiere al mercado de trabajo, las tasas de actividad en las metrópolis japonesas rondaban el 70% en el año 2000. En Japón creció el desempleo durante los primeros años de la década de los noventa, si bien, en la actualidad, debido a la adopción de medidas como la reforma del mercado de trabajo, del sistema fiscal y la desregularización de los mercados, el sistema está de retorno a ese estado de "equilibrio perfecto" en que se había mantenido hasta entonces. Así, las áreas urbanas japonesas presentan una situación que podemos considerar friccional, con valores entre el 2,3% de Hamamatsu y el 4,8% de Kitakyushu-Fukuoka, un área metropolitana de tradición minera e industrial, que se encuentra en pleno proceso de diversificación tecnológica y económica.

3.2. Industria y especialización en servicios

Desde el suroeste al nordeste, a lo largo de la parte este de Honshu, la principal isla de Japón, se concentran la mitad de las casi 400.000 empresas industriales localizadas en el este del país. Once millones de trabajadores -el 70% del total nacional- trabajan en esta macroregión, la mayor parte de ellos en pequeñas empresas ubicadas en áreas metropolitanas y nuevas ciudades de tamaño medio. Entre las regiones de Kanto y Kansai se encuentra el área de Nagoya (el Detroit japonés), que representa, ella sola, el 2% del PIB japonés, y acoge las sedes de importantes productores como Toyota y sus proveedores Nippón Denso y Aisin Seiki, fabricantes de componentes electrónicos y mecatrónica.

Además, y aun cuando la economía japonesa se ha apoyado fundamentalmente en la industria, varias de sus áreas metropolitanas, son notablemente terciarias. Así, la proporción de empleo en el sector servicios llegaba ya en 1995 al 76,5% en Sapporo, metrópoli de la isla de Hokaido en la que los acontecimientos culturales y deportivos son de gran relevancia internacional, y al 63,2% como media en el resto de metrópolis. Kumamoto y Sapporo, son áreas metropolitanas de tamaño medio que deben su buena posición económica y social, sobre todo, a su notable crecimiento demográfico registrado durante los últimos años, una

población relativamente joven, mercados de trabajo muy dinámicos, y una destacable seguridad en sus ciudades.

Por el contrario, Kagoshima y Hamamatsu son las dos áreas urbanas más pequeñas en términos de población, con cifras en torno al millón de habitantes. Tienen una población envejecida, alta especialización industrial y menor capacitación del empleo, pero arrojan tasas de desempleo muy bajas. Merece especial atención el caso de Hamamatsu, pues con una tradición industrial orientada a actividades como la automoción, la fabricación de instrumentos musicales y el textil, ha apostado de un modo decidido por las nuevas tecnologías a partir del proyecto urbano Hamamatsu Regional Technopolis y la creación de una imagen de ciudad de congresos que impulse la terciarización de su economía.

4. El mapa de los centros de desarrollo científico y tecnológico en Japón

Japón es un país reglamentado de arriba abajo, donde el gobierno siempre ha jugado un rol directo en el desarrollo de la ciencia, tecnología e industria, mediante políticas activas para reanimar viejas áreas industriales, utilizar el eficiente transporte público, consumir productos, o utilizar las nuevas redes de telecomunicaciones. En este papel gubernamental tiene importancia los ejercicios de prospectiva y las visiones que la tecnoestructura viene diseñando décadas atrás.

El gobierno de Japón promovió la reconstrucción industrial en áreas urbanas prebélicas como Tokio, Yokohama, Nagoya, Osaka, Kobe e Hiroshima. En esta primera etapa podemos decir que se priorizó la eficiencia industrial sobre el equilibrio regional. Posteriormente, cierta visión futurista y el creciente potencial tecnológico disponible les llevo a desarrollar el área científica de Tsukuba, en la que trabajan unos 6.500 científicos e ingenieros en 53 centros e institutos de investigación. En Tsukuba se aprovechó la proximidad a la gran ciudad de Tokio y las infraestructuras de I+D ya disponibles. Nació tanto por el impulso gubernamental como por el deseo permanente de científicos e investigadores de crear un ambiente propicio para la colaboración. El rasgo característico de este proyecto es, por tanto, la concentración de suficiente masa crítica en proximidad, y se persiguió abrir procesos de innovación en la frontera multidisciplinar. Recientemente, ya en los años noventa, entre las colinas de Kioto, Nara y Osaka, surge la Kansai Science City, una zona que se propone resurgir las habilidades y destrezas de antiguas ciudades culturales para lanzarlas por las fronteras de la ciencia y tecnologías futuras.

Sin embargo, es en los años ochenta cuando el Ministerio de Industria y Comercio -MITI- planeó ciudades en regiones alejadas, como forma de combinar tecnología e industria para el desarrollo regional. Primero, la Ley para la Promoción del Desarrollo Integrado de Industrias de Alta Tecnología (la Ley de Tecnópolis) se promulgó en 1983 con el objetivo de crear ciudades que debían concentrar industrias nuevas, centros de investigación y población. Según Yoshizawa-Oyama (1995), en 1993 habían sido aceptadas 26 áreas. Segundo, en 1986 se hizo un esfuerzo para sistematizar el establecimiento de centros de investigación con funciones de apoyo industrial como laboratorio de referencia abiertos al público, introducir facilidades para el personal de investigación, estructuras de transferencia, y mecanismos para cultivar empresas de I+D. Éste fue un esfuerzo social y regional, para animar el desarrollo de industrias regionales más sofisticadas, proporcionando infraestructuras de ciencia y tecnología en las nuevas áreas regionales seleccionadas. Por último, el concepto de *research core* se apoya en la Ley para Revitalization de la Economía por Empresas Privadas promulgada en 1986 (la Ley de Utilización Privada), que también se aplica a los espacios disponibles en áreas urbanas próximas a las zonas tecnopolitanas.

Con todo ello, Low-Nakayama-Yoshioka (1999) concluyen que en 1994 había, entre otros, un centenar largo de parques de investigación además de otros tantos parques científicos, centros de innovación, etc (ver mapa 2).

Mapa 2 Centros de Ciencia y Desarrollo Tecnológico



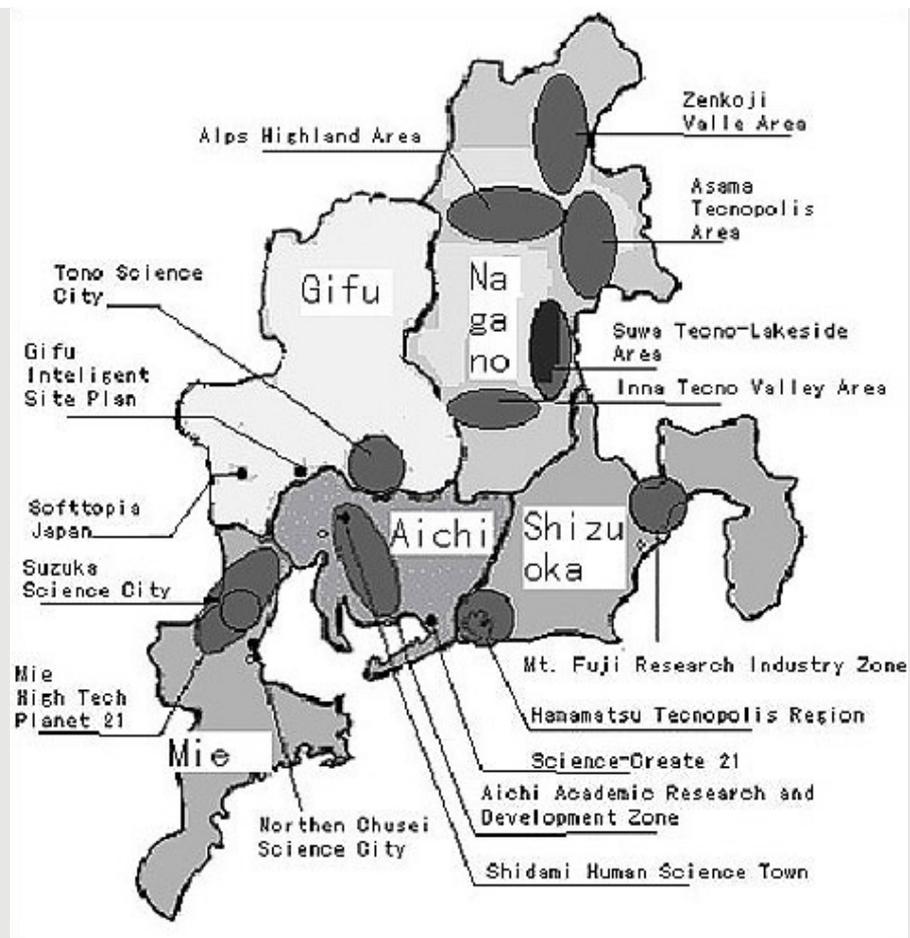
Fuente: Adaptado de Nakayama-Yoshioka y elaboración

5. Funciones, roles y características de las tecnópolis japonesas

Durante décadas la evolución de tecnologías, industrias y negocios en las grandes ciudades se concentró en áreas muy urbanizadas, entre el CBD y las grandes áreas industriales gracias a las economías de aglomeración, localización y urbanización. En concreto, a lo largo de la megalópolis Tokaido-Kansai hasta el punto de generar externalidades. Esta lección les llevó a desarrollar, mediante las leyes mencionadas, polis más adecuadas en principio apoyadas en el concepto de áreas jardín, estrechamente relacionadas con el área metropolitana de la ciudad madre. Esta política fue un ejercicio de desarrollo regional, pues pensaba desarrollar la industria y tecnología en regiones alejadas de las áreas metropolitanas, promoviendo así una especie de neo revolución industrial, que tuviera en cuenta también el bienestar y el medio ambiente.

Las áreas elegidas para desarrollar estas ciudades respondían unos criterios previos como cierta base industrial capaz de recibir desarrollos tecnológicos, servicios urbanos, tamaño, y un centro universitario de formación e investigación.

Dentro del Japón central hay cinco tecnópolis. Utsunomiya y Koufu en el área metropolitana de Tokio; y Asama, Hamamatsu y Harima Oriental ubicadas más en el Japón Central Oriental. Las tres últimas están próximas a regiones industriales designadas. Asama tecnópolis cercana al Matsumoto-Suwa Nueva Ciudad Industrial. Hamamatsu tecnópolis situada en una Región Especial para el Desarrollo Industrial. Y, la ciudad madre de Harima tecnópolis también es el centro urbano de Harima Región Especial para el Desarrollo Industrial.



Fuente: Prefecturas y elaboración propia

En la interrelación entre políticas tecnológicas y desarrollo regional existe una variedad de evoluciones, situaciones y modus operandi trazados por los gobiernos regionales y municipales encargados de llevar adelante los proyectos. No obstante, en relación con los procesos de concentración urbana, industrial e innovación, y con las economías de aglomeración, existen rasgos comunes precisados en las tecnópolis de Hamamatsu, Asama, y en los proyectos actuales de Aichi-Gifu (figura 1).

5.1. Accesibilidad e infraestructuras

Con la política de tecnópolis los planificadores plasmaron el lugar con la estructura industrial de la ciudad madre^[1]. Esta *influencia exógena* y homogeneizadora adelanta desarrollos diferentes pues cada proyecto se inserta en un modelo urbano, industrial y cultural diferente, y adopta o adapta una o varias de las políticas trazadas. Normalmente, estos nuevos desarrollos urbanos e industriales han partido de una visión seguramente utópica que, sin embargo, es una excusa para activar ideas, agentes y recursos. A partir de estas visiones en coevolución (Watanabe, 2000), los gobiernos regionales y municipales tienen un *plan estratégico* que abarca el área urbana y que alcanza el 2020 en el caso de Asama Tecnópolis Region próxima a Nagano, el 2010 en Hamamatsu Tecnópolis cercana a la ciudad de Nagoya, o el 2015 en los desarrollos de Gifu. En estas estrategias están implicados todos los agentes con el objetivo de cultivar un modelo de ciudad emprendedora que a plazo vibre alrededor de industrias originales.

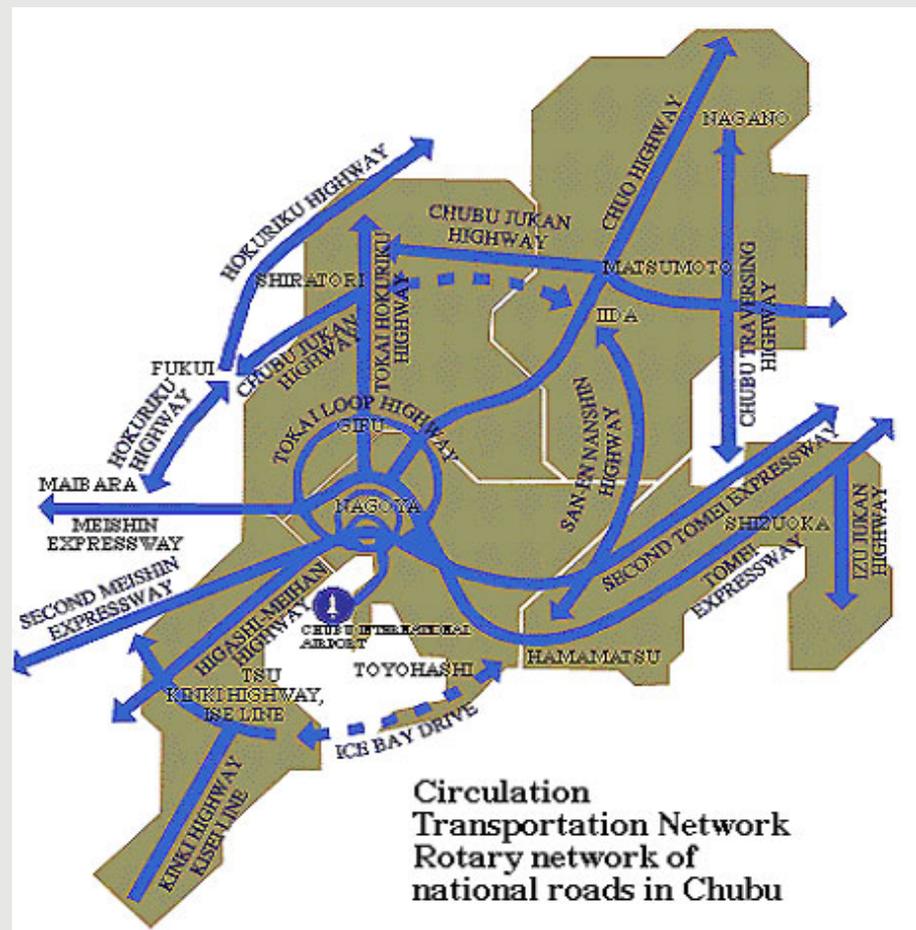
Como siempre, la concentración industrial y creación de nuevas economías está sujeta a la innovación en infraestructuras (figura 2). Estas ciudades se han visto favorecidas por *redes de comunicación densas, rápidas y eficaces*. En Japón, todavía el 35% de los trayectos se hacen por tren (8,7% en Francia y 1% en EE.UU), un 60% por carretera, y el resto en avión. Los gobiernos regionales han sido activos construyendo infraestructuras públicas, privadas y semipúblicas para atraer población y crear nuevas industrias.

Por ejemplo, en Gifu ninguna ciudad está a más de una hora de las capitales contiguas, la nueva Kansai está conectada con las capitales principales por líneas rápidas con frecuencias y tiempos inferiores a una hora hasta Osaka. Por Shizuoka y sus ciudades cercanas a Hamamatsu (260 km de Tokio) están trazadas 5 líneas de ferrocarril, una Tokaido Shinkansen que la une con Tokio y varias autopistas. En paralelo, se han construido aeropuertos con capital semipúblico, nuevas líneas privadas en la densa área de

Kansai, y áreas portuarias como eslabones directos hacia el exterior del archipiélago en las ciudades de Omaezaki y Shimizu (pref. Shizuoka), donde se ofrecen oportunidades para negocios en áreas tipo Foreign Access Zone. Estas infraestructuras y la situación equidistante de las áreas metropolitanas principales, permiten rapidez en los flujos y operaciones a centenares de compañías extranjeras y empresas subsidiarias que se han relocalizado buscando la alta calidad de los transportes, y la eficiencia que supone la integración de sistemas de distribución rápidos para reducir costes operativos.

En el Japón central las esenciales vías de comunicación son arterias principales que cruzan el área de sur a norte y de este a oeste para acceder a los centros de consumo definidos por grandes áreas metropolitanas que expulsan población y establecimientos. Estas infraestructuras proporcionan una excelente *accesibilidad y proximidad* a los mercados. Aproximadamente, el 40% de la población habita en un radio de 200 kilómetros de Shizuoka, y el 70% dentro de un radio de 300 km. Por población, las capitales prefecturales como Nagano (344 mil) se sitúa ligeramente por detrás de la no capitales y sí ciudades madre importante como Hamamatsu (535 mil).

Figura 2. Redes de transporte y accesibilidad en el Japón Central



Fuente: Hamamatsu New Industrial Office

Estas ciudades-castillo tradicionales todavía conservan el ambiente para el desarrollo industrial. Con las tecnópolis, las ciudades grandes y medianas añaden funciones nuevas a condiciones previas como la tradición, saber hacer y espíritu emprendedor necesario de área industrial en proceso de readaptación a las nuevas condiciones industriales. Estos factores se encuentran en el área y son considerados muy importantes para organizar una atmósfera especial.

La *descentralización* es otro proceso en curso pues tanto en Gifu-Aichi como en Nagano y Shizuoka, la situación geográfica favorable, permite que las compañías grandes cuyas oficinas centrales llevaban décadas localizadas en las áreas metropolitanas históricas, desplacen sedes, divisiones, laboratorios y establecimientos de manufactura avanzada al pie del Fuji; o, formación, entrenamiento e investigación básica hacia las suaves colinas de las antiguas ciudades. Estos procesos acrecientan la concentración y aglomeración pues inyectan vitalidad y responsabilidad, e impulsan procesos de innovación en las ciudades madre, que ahora actúan como puerta de entrada para inversiones e industrias de alta tecnología.

5.2. Hábitats de excelencia y ecosistemas para la atracción-concentración

Las tecnópolis se han entendido como áreas urbanizadas por agentes públicos que posteriormente dejan hacer a la iniciativa privada. Sin embargo, en la evolución posterior, tecnópolis y ciudades madre, mediante la colaboración de agentes e instituciones, más que apoyarse en cambiantes ventajas comparativas buscan calidad y excelencia propia en todos los aspectos posibles. Para atraer centros de investigación e industrias, además de ofertar *servicios e infraestructuras de calidad*, desarrollan sus técnicas de managing para promover la innovación. En este aspecto, gobiernos municipales y regionales despliegan un amplio apoyo institucional a empresas, centros de investigación, y compañías de nuevas tecnologías que localizan oficinas y establecimientos. Esto explica que en los últimos años en Shizuoka se han relocalizado 170 compañías de EE.UU, Alemania, Suiza, Holanda, Canadá y Francia. Los motivos son varios pero en estas áreas se inicia con conexiones internas y externas, centros de diseño, proximidad a socios para hacer negocios, servicios de patentes y modelos, cartera de clientes, gestión de la innovación e investigación, seguimiento y sistemas de ayuda a la incubación, y excelente fuerza de trabajo. En éstas áreas confluye abundante mano de obra con perfiles de cualificación muy variados.

Flexibilidad y regulación proporcionan calidad y capacidad de atracción. Hamamatsu tiene una tasa de actividad del 68%, una de las mayores ratios del archipiélago, y Shizuoka ocupa el cuarto lugar medido por la proporción de retornos (51,5%) entre los estudiantes que salen a otras prefecturas y después regresan para trabajar.

En Japón, las grandes empresas globales están presentes en la reindustrialización, cumpliendo un papel relevante en el proceso actual de reorganización de la producción. En estas ciudades tecnopolitanas se localizan empresas medianas y pequeñas que suministran y proveen componentes, equipos y sistemas a las grandes compañías. En un *ambiente socio-político* agradable para los negocios, estos consorcios coordinan procesos *multitarea* que cubren el abanico de actividades y funciones realizadas por las Pymes. Los procesos de *globalización económica*, no hacen sino mejorar estas habilidades e innovaciones de organización, así como reforzar y aumentar el comercio con el exterior. La balanza de la economía de Shizuoka es equivalente a Sur África, Noruega o Grecia. Shizuoka constituye el 3% de la economía japonesa, lo que le sitúa en la prefectura número 10 de 47, presentando un nivel alto de renta y bienestar a sus 3,77 millones de ciudadanos. Esta prefectura, con su tecnópolis al frente de mejoras técnicas, habilidades y destrezas, es una de las más aventajadas y emprendedoras en la investigación aplicada de calidad y desarrollo de tecnologías creativas. La capacidad de atracción le ha situado en quinto lugar entre las 47 prefecturas, medido por el número de establecimientos industriales y oficinas comerciales -15.800 en el año 2000-, y al primero por el valor de los productos manufacturados exportados como motocicletas, que alcanza los 16.000 millones de yenes.

Paulatinamente se integran en un *continuo industrial y residencial* configurado por ciudades, villas, corredores industriales, equipamientos urbanos, áreas de investigación y formación, que contribuyen a acrecentar la aglomeración económica, la adaptación y difusión de modas, productos, servicios y nuevas tecnologías. Estas áreas urbanas sin borde, que día a día se extienden más allá de la línea establecida, ofrecen gran capacidad de atracción mediante una variedad de oportunidades a jóvenes y nuevos empresarios, ensanchan los mercados interiores y exteriores, y favorecen el empleo. Compañías globales localizadas en el área de Hamamatsu como Honda, Kawai, Suzuki, Tamiya o Yamaha, que se reparten el mercado interior, operan como un sistema único de tracción y atracción para nuevas empresas e ideas. Una de los factores por las que empresas nacionales e internacionales han localizado establecimientos industriales en estas densas áreas urbanas es que existe una rica tradición tecnológica, entusiasmo y espíritu empresarial para emprender negocios sin temor al fracaso. Este espíritu empresarial bien representado por los fundadores de Yamaha y Honda, todavía florece hoy en Shizuoka y Aichi. En 2002, una lista de 36 compañías industriales, distribuidoras y de finanzas, con oficinas en Shizuoka, cotizaban en diferentes secciones de la bolsa de valores de Tokio.

5.3. El S(I+D+i), una nueva función de producción

Los procesos de atracción-creación de nuevas industrias necesitan unirse estrechamente con la universidad y con la investigación aplicada, es decir con un *ambiente organizado para la innovación*. En estas áreas la función de innovación ha pasado a ser responsabilidad no sólo del gobierno ni de las grandes empresas. Emprender, potenciar y desarrollar redes e intangibles se ha convertido, en cierta medida, en la clave de éxito. Estructuras de investigación, ciudades que aprenden, redes de innovación, o capital social, tienen como objetivo ampliar y abrir el enfoque de las nuevas ciudades.

Históricamente, son áreas con *centros de formación* que se han reforzado con nuevas funciones de *investigación orientada* a las empresas. Desde este punto de vista, el nexo de

unión es el importante rol de universidades públicas y privadas interesadas en organizar un ambiente de colaboración, para la creación e incubación de tecnologías y empresas. Al pionero Hamamatsu Engineering se sumó el Chukyou Detroit Plan que promovió el Aircraft Research and Development Institute en Koromo (hoy Toyota City). Toyota Motor junto con Mitsubishi, Suzuki, Honda, Nissan y su subsidiaria Aichi Machinery, relocalizaron centros de I+D desde Tokio. Con la mejora de la accesibilidad, Toyota orientó conocimientos, recursos y relocalizó de nuevo su instituto de Nagoya hacia Nagakute, y poco después estableció la excelente Universidad de Diseño e Ingeniería.

La política de tecnópolis pensaba atraer y crear centros de investigación con el fin de establecer simbiosinergias entre el sector académico, el industrial y los gobiernos. Del funcionamiento de esta triple hélice depende el éxito en estas ciudades. La franja oriental del área metropolitana de Nagoya es un área de universidades tecnológicas. El gobierno municipal creó el Centro para el Desarrollo Tecnológico en 1987 y un parque de ciencia adyacente a la universidad en 1988. Así, el área concentra masa crítica y reúne condiciones para incubar empresas y negocios de riesgo. Hamamatsu está desarrollando la tecnópolis apoyándose en la especialización tecnológica de la Medical University de Shizuoka, y compañías privadas como Honda, Suzuki y Yamaha.

Como resultado de la colaboración público y privada, Aichi, Mie, Nagano y Shizuoka con sus parques de ciencia y tecnópolis han conseguido un ambiente organizado para atraer actividades de I+D, técnicos e investigadores, y un hueco para la incubación, mejora e innovación de nuevas tecnologías. Desde el inicio, su posición geográfica y el traslado de centros privados han jugado bazas importantes para la integración de actividades y tareas por los grandes consorcios. Posteriormente, ejercen influencia el establecimiento de centros locales como el Instituto de Electrónica e Ingeniería Mecánica y el Centro de Investigación Solar que funcionan como catalizadores importantes para fundir tecnologías en productos únicos e industrias "inteligentes" alrededor de proyectos singulares como Hamamatsu Photonics, Honda Supersonics y Yamaha. La investigación y el desarrollo es un mecanismo que coadyuva a crear economías de aglomeración y de escala, y ayuda a la diversificación sectorial, pues en estas densas áreas urbanas el énfasis puesto en la industria es alto (figura 3).

Gifu que ya destacaba por las artes tradicionales, utensilios domésticos, una rica historia y cultura en medioambiente, todo ello integrado en el proyecto "tierra de papel japonés", diversifica ahora hacia la moda y sociedad de las comunicaciones en los proyectos urbanos de Softopia. Por su parte, en Shizuoka, se ha generado una alta concentración, similar a la de Aichi, de industrias manufactureras, tradicionalmente desarrolladas en Japón, como el transporte e industria de maquinaria incluidos automóviles y motocicletas, químicas, instrumentos musicales, maquinaria eléctrica, textil, y más reciente una amplia variedad de industrias eslabonadas de todo tipo en unos 2000 establecimientos creados desde 1992. En esta prefectura en la última década han crecido el 30% nuevos negocios e industrias de valor añadido relacionados con cultivos marinos y agricultura nueva.

Figura 3. Especialización y diversificación sectorial



Fuente: Hamamatsu New Industrial Office

Con respecto a la *aglomeración de nuevas industrias* (el MITI designó 70 industrias de alta tecnología), se pensó que Asama y, sobre todo, Hamamatsu, podían cubrir objetivos de localización y atracción debido a su situación geográfica. En el caso de Hamamatsu y su tecnópolis ha evolucionado de las viejas industrias originales a líder en los años noventa, en rendimiento industrial y valor agregado obtenido por industrias nuevas, aunque en el número de empleados se sitúa por detrás de Asama tecnópolis que, si bien tiene una posición más ventajosa para absorber centros procedentes de Tokio, en alta tecnología camina detrás de Hamamatsu. Sin duda que la franja oriental de Nagoya, ciudad que tiene la concentración más grande de redes de proveedores y subcontratación así como empresas de alta tecnología en Japón, está entre los factores de éxito. Esta dinámica les ha permitido lograr un crecimiento anual más alto consolidando una estructura de industrias y tecnologías nuevas.

Existe una estrategia concertada entre intereses públicos y privados de *promoción encadenada* que apoyada en la concentración anterior forma *nuevas cadenas productivas* regionales y locales, mediante nuevos proyectos convertidos en símbolo de las nuevas áreas industriales. Por ejemplo, el Fuji Pharm Valley Project complementa la concentración avanzada de industrias bios. Las industrias de salud, medicina, farmacia, y otras de biotecnología se concentran en la prefectura de Shizuoka donde existen universidades y centros de investigación como el Instituto Nacional de Genética. Estos proyectos persiguen utilizar los recursos para promover la investigación, desarrollo y la creación-atracción de industrias relacionadas con la salud, pues Shizuoka es la segunda prefectura, sólo superada por Osaka, con un valor de producción en productos farmacéuticos igual a 727.000 millones de yenes.

En otros casos como el de Asama tecnópolis hay que señalar que es sólo una parte de Nagano Techno Región cuyo objetivo es crear nuevas industrias apoyadas en el desarrollo tecnológico. La industria de Nagano se apoyaba en cadenas de proveedores que suministraban bienes o equipos intermedios, y en escasos fabricantes de productos

acabados, por lo que han sobrevivido con el escaso valor agregado de las ventas. Para terminar con esta dinámica se creó el Ueda Software Park Coop Society para elevar el valor de los productos, así la ciudad de Ueda arroja 900 compañías y fábricas que emplean a aproximadamente 19.000 personas que producen unos 500 mil millones de valor anualmente. Pero la estrategia actual de Nagano define cuatro proyectos más (ver figura 1) que sólo cubren el 45% del suelo, y sin embargo suman el 95% del valor total de las exportaciones industriales. Tal concentración de medios, facilidades, y recursos deja atrás una visión única y aislada de cualquier tecnópolis, incluida la de Asama que se apoya en una quinta parte de los recursos: en las Universidades de Shinshu (textil avanzado), y Nagano (departamentos y laboratorios de industrias de la información), y en 2.650 establecimientos industriales con 54.300 empleados y una producción por valor de 1.280 billones de yenes. En definitiva, un proyecto que apunta a rejuvenecer ciudades y villas con clusters de industrias nuevas, y una constelación de universidades e institutos de investigación tecnológica, en un entorno consciente de su posición geográfica que valora el recurso del medio ambiente.

6. Consideraciones, observaciones y notas finales

Japón es el país de los contrastes. En un país de mito y tradición donde debido a la inversión y relocalización de fábricas en Europa y en los Estados Unidos, las industrias japonesas se vieron obligadas a transformar su estructura, lo que llevó a la revitalización de la estructura industrial en las grandes áreas metropolitanas para desarrollar nuevas tecnologías, productos, servicios y negocios. En contraste con la clásica Megalópolis de Tokaido, sobre todo la Región de Tokio, las áreas locales alejadas no podían desarrollar fácilmente sus estructuras industriales en el nuevo escenario global. Para ello, el gobierno central aceleró el desarrollo regional apoyándose en varias normas y reglamentaciones que han proporcionado cierta influencia en el desarrollo de las propias fronteras tecnológicas e industriales.

Definidas desde Tokio, los resultados son diferentes pues están en función de la cultura y de las técnicas endógenas disponibles, por ello el desarrollo arroja resultados muy variables (Suzuki, 2001). El grado de ocupación ha sido mucho más rápido en las tecnópolis próximas a Tokio, Osaka y al área de Fukuoka que en las localizadas en los extremos del país, en particular las regiones septentrionales. Aunque indudablemente han tenido una gran contribución al desarrollo científico, paulatinamente han ido convirtiéndose en meros parques de empresas especializadas en diferentes tecnologías de la información, en perjuicio de centros de investigación básica.

Si bien los gobiernos regionales y locales se endeudaron soportando la construcción y dejando a las empresas la organización de la producción y relocalización de centros para adaptarse a los cambios industriales, hoy los agentes públicos ahondan en el potencial endógeno engranando la universidad, gobiernos locales, ciudadanos y empresas.

En algunas tecnópolis no hay universidades fuertes como para promover el desarrollo de nuevas industrias, aunque sí hay institutos de cooperación regional, centros tecnológicos y desarrollo de nuevas tecnologías que colaboran con la industria.

En la concentración y creación de economía de aglomeración como iluminan los ejemplos de Hamamatsu, Asama, Aichi o Gifu, intervienen, además de las grandes áreas metropolitanas que expulsan empresas, población y centros de investigación, la cultura existente y las actividades universitarias, que aceleran la atracción de actividades de I+D y la creación de industrias de alta tecnología.

El rasgo distintivo de estas áreas es que en ellas se practica el concepto de *learning region*, pues sus agentes promotores integran lo nuevo en lo viejo y, junto a los ciudadanos tienen, además de las infraestructuras y la política científico-tecnológica, un proyecto estratégico para alcanzar industrias de alta tecnología en ciudades apoyadas en el conocimiento. Con estos mecanismos las ciudades madres adquieren nuevas responsabilidades y funciones urbanas pues actúan como incubadoras y medios para desarrollarse a partir de los *inputs* procedentes de las universidades. Pero las tecnópolis que se han exportado a los países de la región (Ondategui, 2002), han sido una abreviatura para expresar ambiciones, proyectos y estrategias impulsadas con una metodología arriba-abajo, que hoy es consensuada mediante la participación de gobiernos regionales, locales, y de los ciudadanos expresando muestras de interés, movilizandolas ideas, mejorando y coadyuvando en las mejores prácticas posibles de cualquier ciudad. La reciente práctica urbanística, tecnológica y económica japonesa, que siempre van unidas, es muy compleja pues transita por diversas experiencias. Desde la persistencia del gran planeamiento territorial -modélico en los 60 y 70-; a la reconversión de las tecnópolis, especialmente divulgadas a mediados de los 90, una vez endeudadas las Administraciones y cerrados varios centros de investigación; los anti planes

rurales -dentro del nuevo contexto posfordista-; a otras modalidades más sui géneris de esta singular cultura oriental como áreas apoyadas en construcciones híbridas -desde los pequeños *Fashion Buildings* a las grandes centros y mega estructuras- con sus diversos usos y clivajes en la arquitectura, nueva economía urbana y urbanismo doméstico y en anteriores exploraciones locales e internacionales, o a los actuales *urban engine innovation*. Por ejemplo, dentro de los proyectos regionales actuales, el Área de Gifu/Aichi, muy atractiva por accesibilidad, medioambiente, seguridad y civismo, se cree que tiene el potencial para concentrar determinadas funciones administrativas, judiciales, y burocráticas relacionadas con la capital de la nación. Desde 1999 está seleccionada como área para la nueva capital de la nación, es laboratorio y candidata para relocalizar parte de las funciones Administrativas. Kobe tras el terremoto de 1995 hoy es una ciudad totalmente nueva que, apoyada en actividades portuarias presta servicios, diversifica con un cluster industrial en biomedicina avanzada creando sinergias con las universidades y la comunidad médica de la tecnoregión circundante de Kansai y persuadiendo activamente a las empresas extranjeras para atraerlas a la ciudad.

El resultado es que en esta zona central de Japón surge una *amebapolis* formada y deformada, además, con la ayuda y por la capacidad de reconfigurar flujos, ideas, personas y empresas, que proporcionan unos 90 millones de equipos móviles en red en 2002. Este continuo urbano e industrial de unos 500 Km contiene inmenso mercado de trabajo, que se beneficia de los efectos de aglomeración, las economías de variedad y los bajos costes de transacción entre empresas complementarias.

Notas :

[1] La evolución de tecnologías, industrias y negocios en las grandes ciudades se concentró en áreas urbanizadas, entre el CBD y las grandes áreas industriales gracias a las economías de aglomeración, localización y urbanización. En concreto, a lo largo de la megalópolis Tokaido-Kansai hasta el punto de generar externalidades. Esta lección les llevó a desarrollar, mediante las leyes mencionadas, ciudades más adecuadas apoyadas en el concepto de áreas jardín, estrechamente relacionadas con el área metropolitana de la ciudad madre.

Bibliografía

Final Report of Census 1990 (1995) *Census of Japan*, Tokio.

Fujita, M.; Krugman P.; Venables A. J. (1999) *The spatial economy: cities, regions and international trade*. Cambridge, Mass. MIT Press.

Nakayama, Sh.; Low, M.; Yoshioka, H. (1999) *Science, Technology and Society in Contemporary Japan*, University Press, Cambridge, London.

Ondategui, J. (2002) "Asia, Parques Científico-Tecnológicos y Desarrollo Regional", *Cartujalnova*, nº 13, pp. 20-30, Sevilla.

Ondategui, J. (2005) "Áreas metropolitanas, ciudades y tecnópolis en Japón". En Claves de la Economía Mundial, pp. 351-360, ICEX, *Mº de Industria y Comercio*, Madrid.

Statistics Bureau of Japan (1996) *Japan Statistics Yearbook*, 1996 y 1999. Tokio.

Suzuki, Sh. (2001) *Estudio de la estrategia política del desarrollo de tipo high tech*, Ed. Minerva Shobou, (220 páginas, original sólo en Japonés), Kioto.

Watanabe, Ch. (2000) "Visiones en co-evolución: una perspectiva japonesa sobre ciencia y gobierno". IPTS, nº 45, pp. 35-39, Sevilla.

Yoshizawa, J.; Oyama, Y.; Yamamoto, T.; Gonda, K. (1995) *Survey of Development Trends in Science and Technology Parks. Comparative studies on science and technology parks for regional innovation throughout the world*. National Institute of Science and Technology Policy. Nistep Report nº. 38, Science and Technology Agency, Tokio.





Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Laboratorio de Prospección

El Laboratorio de Prospección de la Universidad Politécnica de Madrid lo conforman un grupo de profesores y personal laboral adscritos a la E.T.S. de Ingenieros de Minas especializados en la prospección geofísica y geotécnica del subsuelo. Los objetivos que persigue son actualizar de forma continua las distintas técnicas de prospección del subsuelo, contribuir al desarrollo, implantación y divulgación de éstas en los distintos ámbitos profesionales y mantener una fluida relación universidad-empresa.

1. Presentación del Laboratorio de Prospección

El Laboratorio de Prospección de la Universidad Politécnica de Madrid lo conforman un grupo de profesores y personal laboral adscritos a la E.T.S. de Ingenieros de Minas especializados en la prospección geofísica y geotécnica del subsuelo. Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la sede de dicha escuela en la C/ Ríos Rosas, nº 21 de Madrid.

Los objetivos que persigue son actualizar de forma continua las distintas técnicas de prospección del subsuelo, contribuir al desarrollo, implantación y divulgación de éstas en los distintos ámbitos profesionales y mantener una fluida relación universidad-empresa. De esa forma el fin último es implementar un mayor grado de nivel tecnológico en los trabajos de prospección del subsuelo, mediante técnicas no destructivas, con el objetivo de que puedan alcanzarse cotas similares a las existentes en los países europeos más desarrollados.

Por otro lado, dada la vocación docente de sus miembros, los objetivos descritos se llevan a cabo efectuando al mismo tiempo la formación de técnicos especialistas en esas materias para facilitar su acceso directo al mundo laboral.

Las actividades del **LPRO** se enmarcan en dos tipos diferenciados, las propias de la relación universidad-empresa a través de proyectos técnicos con entidades públicas y privadas para la resolución de problemas de ingeniería o medioambientales y las de investigación mediante proyectos tanto de asignación directa con Organismos Públicos como en convocatorias públicas de concurrencia competitiva. De esa forma es posible efectuar una transferencia directa de los resultados de la investigación tanto de sus posibilidades tecnológicas demostradas en los proyectos de investigación como de la infraestructura puntera adquirida para su realización (como los equipos de tomografía geoelectrica y geocapacitiva de que disponemos).

Las principales líneas de innovación bajo las que se encuadran la mayor parte de las actividades de este laboratorio son:

- La actualización, optimización y normalización de las aplicaciones de la prospección geofísica en todos los ámbitos de la Ingeniería.
- La investigación sobre la relación de los resultados de la prospección geofísica con parámetros geomecánicos y geoquímicos del subsuelo.

2. Campos de Aplicación

Los principales ámbitos de interés social en los que se desarrollan los objetivos y líneas citados son:

Ingeniería Civil:

- Determinación del espesor y ripabilidad de recubrimiento.

- Cálculo de módulos dinámicos, grado de alteración y ripabilidad de las formaciones.
- Localización de huecos.
- Patologías de estructuras antrópicas (hormigones, pavimentos, inspección técnica de edificaciones).
- Estudios anteriores y posteriores a la construcción de túneles.
- Detección y evaluación de fracturas.
- Determinación de resistividades para tomas de tierra.
- Análisis de estabilidad de taludes.
- Reconocimiento de macizos rocosos.
- Localización de objetos féreos (depósitos, canalizaciones, servicios...).
- Medida de propiedades físicas de muestras de terreno.

Hidrogeología:

- Localización y delimitación de la geometría de acuíferos.
- Determinación del nivel freático.
- Prospección de fracturas.
- Estudio de zonas con geotermalismo.

Medio ambiente:

- Localización de enclaves para almacenamiento de residuos.
- Contaminación de acuíferos (intrusión marina, contaminantes agrícolas, aguas de mina,...) y de suelos.
- Caracterización de vertederos.
- Detección de fugas de fluidos (embalses, gasolineras, tuberías,...).
- Valoración de riesgos geológicos.

Minería:

- Localización y caracterización de recursos minerales (áridos, rocas industriales, rocas ornamentales, yacimientos metálicos, formaciones radiactivas,...).
- Estudios de apoyo en obras a cielo abierto y minería subterránea.
- Estudio de vibraciones y seguridad minera.

Arqueología:

- Localización de restos de edificaciones.
- Pasadizos, galerías, necrópolis, fosas,...

Geología:

- Geometría de estratos del terreno.
- Determinación del espesor de cuencas sedimentarias y de paleorelieves.
- Investigación de zonas cársticas.

3. Acreditación

El **LPRO** ha implantado, con la financiación de la Comunidad de Madrid, un sistema de calidad de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 17025, con todos los protocolos correspondientes, manual de calidad, planes, procedimientos generales (de organización y gestión), procedimientos operativos y de calibración, instrucciones técnicas,... etc., cuyo seguimiento asegura la calidad y trazabilidad de los resultados de los ensayos.

Como primer paso para acreditar este sistema, el **LPRO** ha alcanzado la acreditación como laboratorio de ensayos para el control de calidad de la Edificación (exigida por la ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación) en el área de geotecnia. Aunque dicha acreditación tiene carácter nacional, el Organismo encargado de la concesión ha sido la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Cabe señalar que el **LPRO** es el único laboratorio universitario en toda España, que ha alcanzado dicha acreditación.

El alcance de esta acreditación es garantizar la fiabilidad de los resultados de los 24 ensayos comprendidos en dicha área, verificando la competencia técnica del laboratorio y el seguimiento de los procedimientos de calibración.

Además de los procedimientos operativos, dicha acreditación supervisa, de forma más acentuada, algunos criterios administrativos (titularidad de la instrumentación, licencias, instalaciones,... etc.) y algunos aspectos técnicos, obligando, entre otros, a realizar campañas anuales exhaustivas de intercomparación. Aunque el mencionado Organismo no acredita el sistema de calidad, exige la implantación del sistema mediante la verificación de la documentación pertinente (FOM 2060/2002).

**LABORATORIO DE PROSPECCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
E.T.S.I. MINAS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Dirección: c/ Ríos Rosas, 21
28003 Madrid
Teléfono: 91 336.69.82
Fax: 91 336.69.81
e-mail: lpro@dinge.upm.es



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

TESIS-NANO

Medidas de transporte electrónico en cables moleculares: nanotubos de carbono y ADN

Doctorando: Cristina Gómez-Navarro**Director:** Julio Gómez-Herrero

Sistemas metal-semiconductor estudiados mediante microscopía de efecto túnel de temperatura variable: propiedades electrónicas, transiciones de fase y difusión superficial

Doctorando: Ivan Brihuega**Director:** Jose M. Gómez-Rodríguez

"Estadística de la dispersión de ondas en medios desordenados"

Doctorando: Luis S. Froufe Pérez**Director:** Juan José Sáenz

"Métodos DFT y STM de Primeros Principios para el Estudio de Superficies Semiconductoras con Adsorbatos: Pasivación, Nanohilos y Transiciones de Fase"

Doctorando: Cesar Gonzalez**Director:** Ruben Perez, Fernando Flores y Jose Ortega

Desarrollo de un sensor nanomecánico para estudios de absorción de moléculas biológicas y reconocimiento molecular

Doctorando: Mar Alvarez Sanchez**Director:** Javier Tamayo; IMM-CNM-CSIC

An

optical study of photonic crystals based on opals

Doctorando: Galisteo Lopez, Juan Francisco**Director:** López Fernández, Cefe; ICMM-CSIC

Influencia de pequeños contenidos de Ni y Cr en el comportamiento magnético y propiedades de corrosión de aleaciones nanocristalinas

Doctorando: Agudo, Pedro**Director:** Vazquez Villalabeitia, Manuel; ICMM-CSIC

Non

perturbative approaches to transport in nanostructures

Doctorando: Pablo San José Martín**Director:** Francisco Guinea López; ICMM-CSIC

Síntesis

de materiales de interés en el desarrollo de cristales fotónicos autoensamblados

Doctorando: Hernández Juárez, Beatriz**Director:** López Fernández, Cefe; ICMM-CSIC



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

HISPANAGAR S.A.

Hispanagar S.A. es una empresa española Líder en el campo de la fabricación de productos derivados de algas marinas. Las principales áreas de desarrollo de la Empresa son: Alimentación (Carragenatos y Ágar), Microbiología (Ágar Bacteriológico y Peptonas) y Biología Molecular (Agarosa y Productos para Purificación e Inmovilización de Proteínas).



Dra. M^a Pilar Armisen Gil
Instituto de Investigaciones Aplicadas
Directora
HISPANAGAR S.A.
export@hispanagar-iar.com



HISPANAGAR S.A. es una empresa española avalada por **más de medio siglo de experiencia** en el campo de la **fabricación de productos derivados de algas marinas**. Es uno de los primeros fabricantes de este tipo de productos en Europa y, a través de un perfeccionamiento continuo de sus procesos de fabricación, ha conseguido una posición de liderazgo dentro del mercado mundial. Hispanagar considera que el **equipo humano es clave** para tener una fuerte posición y cuenta con personal profesional con gran experiencia técnica.

Desde sus inicios, la Empresa ha desarrollado tecnologías que le han permitido abordar aplicaciones en nuevos campos. Los trabajos de investigación son permanentes, así como el de actualización de su maquinaria, diseñando ella misma la mayor parte de ella.

La experiencia de la Compañía nos ha permitido posicionarnos como líderes en las diferentes áreas de desarrollo: **Alimentación** (Carragenatos y Ágar), **Microbiología** (Ágar Bacteriológico y Peptonas) y **Biología Molecular** (Agarosa y Productos para Purificación e Inmovilización de Proteínas ("Agarose Beads")). Y en la actualidad la Compañía posee representantes en más de quince países (USA, México, UK, Alemania, Italia, Francia, Portugal, Rusia, Japón, Filipinas, India, Tanzania, Venezuela...).

La Compañía opera bajo la **misión estratégica** de realizar un exhaustivo y estricto control de calidad en toda la cadena de producción, desde la recogida de materias primas hasta la fabricación y el asesoramiento en la correcta aplicación del producto final. Esto unido a que el **empleo de materias primas propias** reduce costes, hace que tanto la calidad como la política de precios a seguir sean adecuadas para llevar a cabo la misión con éxito.

Dada la importancia que tiene el obtener unas materias primas ("Agarose Beads") no sólo mediante un proceso tecnológicamente limpio sino además a un precio muy inferior.

Se decidió unir la **ventaja económica y medioambiental** a la innovación y apostar por una nueva **línea de productos de alto valor añadido**.

Con el fin de mantenerse en la vanguardia del sector Biotecnológico, **HISPANAGAR S.A. creó el INSTITUTO DE INVESTIGACIONES APLICADAS**. Entidad independiente dedicada : a) a la **obtención de productos de alto valor añadido** empleando como materias primas "Agarose Beads", b) el estudio de **nuevas aplicaciones** en las que se usen productos fabricados con agarosa.

Gracias al **Programa de Ayudas a Empresas de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid**, el Instituto comenzó su andadura. Primero con un Proyecto Madre denominado "**Derivatización y Activación de Geles de Agarosa**" (Proyecto subvencionado por la Comunidad de Madrid y por el MINISTERIO de Industria y actualmente finalizado). Así, como resultado de éste último Plan de Investigación se han

conseguido obtener **distintos tipos de resinas con diferente grado y tipo de activación** (algunos presentan capacidades de unión unas veces tres superiores a sus homólogos) muy adecuadas para **procesos de inmovilización y purificación de proteínas**. En la actualidad estos primeros productos generados por el Instituto gracias a estas Ayudas están iniciando la fase de comercialización y están teniendo aceptación en mercados tan exigentes como el japonés.

El avance y crecimiento del Instituto ha ido siempre de la mano de las **Subvenciones de la Comunidad de Madrid para Empresas**. Así, el "Proyecto Madre" ha dado paso a otro proyecto mucho más específico y ambicioso para el que se ha contado una vez más con la inestimable Ayuda de la **Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid**. En este nuevo Plan de Investigación HISPANAGAR está profundizando en aspectos tales como **el DISEÑO DE UNA ÚNICA RESINA PARA ABORDAR UN PROBLEMA DOBLE: LA PURIFICACIÓN E INMOVILIZACIÓN SIMULTÁNEA DE BIOMOLÉCULAS (enzimas, anticuerpos...)**.

En él se aborda un tema totalmente novedoso que es la preparación de un **único soporte** para **resolver de forma conjunta dos necesidades** (purificación e inmovilización de proteínas) para las que hasta el momento actual se requiere el uso de dos matrices diferentes.

Para este proyecto, Hispanagar ha recurrido a la experiencia del **Dr. Eduardo García-Junceda** del Instituto de Química Orgánica General - CSIC (www.iqo.csic.es/pagperso/eduardo/eduardojunceda.htm) en cuyo laboratorio se ha llevado a cabo el clonaje de diferentes enzimas fusionadas a colas de histidina y un estudio preliminar de la purificación e inmovilización de las mismas en los nuevos soportes mixtos a partir de extractos celulares crudos.

Por la novedad de la idea pensamos que es un Proyecto de gran interés ya que en la actualidad no existe un producto comercial de similares características. Esto conlleva a que el usuario debe emplear dos resinas diferentes, lo que se traduce en un encarecimiento y una mayor complejidad del proceso. El logro de este objetivo se traducirá en un gran **beneficio en el sector Biotecnológico**, ya que ambas aplicaciones se desarrollan de forma separada, tanto en los **laboratorios de investigación** como en los centros de fabricación de la **industria Bioquímica y Farmacéutica**.

HISPANAGAR S.A.	
Instituto de Investigaciones Aplicadas	
Dirección:	C/ La Forja, 9. Torrejón de Ardoz 28850 Madrid
Teléfono:	91 761.02.30/2
Fax:	91 675.74.44
e-mail:	info@hispanagar-iar.com
Web:	www.hispanagar.com



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

mCentric

mCentric es un proveedor de infraestructura de telecomunicaciones con clientes en Europa, África, América Latina y Asia. La empresa fue fundada en el año 2000 por un grupo de directivos con amplia experiencia en el sector de telecomunicaciones móviles. La empresa es de capital privado y cuenta con una plantilla de 60 personas, la mayoría Ingenieros de Telecomunicacion e Informática.



Desde el principio, la visión de la empresa ha sido proporcionar servicios y aplicaciones móviles de alta calidad en el área denominada "servicios de valor añadido" o SVA. Los desarrollos de mCentric representan actualmente una parte muy importante de los servicios de los operadores nacionales, incluyendo componentes de los servicios "Qtal" y "Vodafone Live" de Vodafone y de "e-Moción" en Telefónica Móviles.

El éxito en España ha proporcionado la base para el crecimiento a nivel internacional donde **mCentric** ha realizado importantes desarrollos en el área de mensajería en México, de fidelización de clientes en Nigeria y otros servicios en otros mercados.

mCentric colabora con empresas líderes del sector, incluyendo integradores de sistemas de la talla de Accenture, Atos Origin, Axalto, Dimension Data, LogicaCMG y empresas de tecnología como BEA Systems, Hewlett Packard, Oracle y Sun Microsystems.

La oportunidad

Debido a las nuevas capacidades, proporcionadas tanto por la redes de tercera generación cómo por los nuevos terminales, la incorporación de servicios innovadores por parte del operador es una base fundamental para su éxito.

Hoy en día, los operadores móviles se enfrentan al reto de cómo integrar sus redes "legacy" con las redes de nueva generación y de cómo aprovechar las nuevas tecnologías emergentes. Al mismo tiempo, con tiempos de mercado en torno a un año para el lanzamiento de nuevos servicios, los operadores reconocen la necesidad de acelerar la innovación mediante el lanzamiento de más servicios y minimizando el "Time to Market".

Como respuesta a dicha necesidad, la industria de las telecomunicaciones móviles ha definido una serie de estándares denominados OSA (Open Service Architecture) y Parlay cuyo objetivo es definir una arquitectura abierta para acceder a las capacidades de las redes móviles. Los estándares OSA/Parlay definen principalmente una serie de APIs (Interfaces de Programación de Aplicaciones) diseñadas para proporcionar un fácil acceso a todas las capacidades de la red desde fuera de la misma. Estas interfaces cubren funcionalidades de mensajería, facturación, capacidades de terminales, gestión de llamadas, movilidad, control de sesión, conectividad, gestión de la cuenta del usuario, gestión de políticas y presencia.

Con el emerger de OSA/Parlay, **mCentric** reconoció la gran oportunidad para desarrollar una plataforma dirigida al desarrollo y ejecución de servicios móviles que emplea las interfaces especificados por dichos estándares.

La ayuda de madri+d

mCentric es una empresa fundamentalmente dedicada al desarrollo de producto, con una dedicación a I+D muy importante, para lo cual utiliza fondos propios y cuando es posible, también subvenciones oficiales. Para el proyecto "Plataforma OSA / Parlay de **mCentric**" la empresa ha contado con la ayuda de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid, que ha proporcionado una parte importante del capital necesario para el desarrollo del mismo. Dicha inversión ha sido dirigida principalmente a la contratación del personal necesario para la realización de la investigación y posterior desarrollo de la plataforma.

El desarrollo de "La Plataforma OSA / Parlay de mCentric"

Los operadores de móviles han basado tradicionalmente su negocio en los servicios de voz. Durante los últimos años, con la llegada de nuevas tecnologías a los terminales como WAP, y mejoras en la transmisión de datos como GPRS, los operadores están lanzando al mercado nuevos productos y servicios de datos diferentes a la voz. Estas tecnologías y servicios suponen un primer paso en la revolución que supondrá UMTS.

Los operadores móviles de telecomunicaciones están haciendo frente al desafío de lanzar nuevos servicios con nuevas plataformas de servicios abiertas. Estas nuevas plataformas ofrecen una funcionalidad unificada que permite lanzar servicios de forma rápida y simple, compartiendo los mismos recursos para el conjunto de ellos. Mientras que el tráfico de las redes se desarrolla, los operadores necesitan migrar los servicios existentes a las nuevas plataformas mientras que simultáneamente explotan la plataforma compartida y sus nuevas características para lanzar nuevos e innovadores servicios de valor añadido.

Para superar estos obstáculos, la plataforma BlackWidow SDP define una capa común contra la que todos los servicios interactúan. Esta capacidad está empujando a operadores a implicar a sus equipos para crear servicios más ricos y estables. Abrigando a los desarrolladores de las complejidades de las redes y de los ambientes subyacentes, BlackWidow SDP permite una mayor innovación.

Este proceder ha sido un componente integral de la filosofía **mCentric** a partir del primer día. **mCentric** se ha esforzado en demostrar los beneficios de una plataforma como BlackWidow SDP. La plataforma BlackWidow SDP debe probar el concepto de una plataforma abierta, y así demostrar el potencial en la creación de servicios, lo que dará lugar a emocionantes servicios por parte del usuario final. Los proveedores buscan una plataforma capaz de proporcionar la solidez y la flexibilidad necesarias para el rápido despliegue de estos nuevos servicios.

BlackWidow facilita el desarrollo de servicios de valor añadido, tanto internos como externos gracias al kit de desarrollo junto con la documentación y simuladores para la creación de aplicaciones que serán desplegadas en el entorno del operador. La plataforma de servicios BlackWidow esta integrada con los elementos de red del operador, y las aplicaciones accederán a estos haciendo uso de las interfaces OSA/Parlay.

Dos tipos de aplicaciones pueden acceder a los servicios de la plataforma BlackWidow: las que se ejecutan en el contenedor de aplicaciones de la propia plataforma y aplicaciones externas. El contenedor permite hospedar aplicaciones desarrolladas con el SDK (Software Development Kit) de la plataforma.

La plataforma BlackWidow SDP ofrece todos los servicios hacia plataformas externas mediante interfaces para la invocación de servicios haciendo uso de OSA/Parlay, que define un estándar que es independiente de la tecnología sobre el que ha sido desarrollada. Estas interfaces siguen las definiciones emanadas por Parlay/OSA, estandarizando los mismos para facilitar el desarrollo de aplicaciones agnósticas de la red del operador.

La inversión realizada se ha materializado en el desarrollo de la plataforma BlackWidow SDP (Service Delivery Platform). La plataforma está construida sobre estándares de mercado, en este caso J2EE, habiendo sido diseñada para funcionar en entornos muy exigentes que requieren alta disponibilidad y prestaciones del orden de cientos de transacciones por segundo.

La plataforma proporciona servicios que son la base tanto para el desarrollo de aplicaciones, a través de los interfaces de programación (APIs), como para la ejecución de aplicaciones. Los servicios dividen la lógica del sistema del acceso para poder soportar múltiples protocolos del acceso.

Beneficios

Con el desarrollo de la plataforma, **mCentric** ha recibido una reacción muy positiva del mercado. Como las aplicaciones OSA/Parlay están escritas en un API estándar pueden ser construidas utilizando tecnología IT y herramientas ya existentes, reduciendo así el ciclo de desarrollo y por lo tanto, el tiempo de lanzamiento al mercado. La apertura de la red de las operadoras de una forma segura a través de dichos APIs potenciará el emerger de nuevos modelos de negocio, lo que permite el desarrollo de nuevas aplicaciones por parte de proveedores ajenos al dominio de red de la operadora.

Para **mCentric**, el desarrollo de Blackwidow SDP supone una importante evolución en el nivel tecnológico de los productos ofrecidos por la empresa y en sus posibilidades de comercialización a nivel global.



Escrito por Miguel Monforte

Jefe del producto BlackWidow

e-mail: miguel.monforte@m-centric.com

Web: www.m-centric.com



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

INGENIERÍA VIESCA, S.L.

Empresa dedicada a la Electrónica de Potencia para el mercado de las energías renovables y ferroviario, en concreto, diseño y fabricación de convertidores de potencia.

Cecilia de la Viesca
Subdirectora



INGENIERÍA VIESCA, S.L. es una empresa de Electrónica de Potencia orientada fundamentalmente a los mercados de energías renovables tales como el eólico y el fotovoltaico, así como mercados ferroviarios e industriales.

El apoyo y ayuda formativa recibida del **Sistema madri+d** ha sido un punto muy importante para nuestro desarrollo empresarial, con la participación en el **XII Programa Formativo para la Creación de Empresas Innovadoras**.

INGENIERÍA VIESCA, S.L. nace en Noviembre de 2004 con una gran vocación tecnológica y de servicio al cliente, siendo el respeto y el máximo cuidado de la relaciones humanas de los diversos colectivos que formen la empresa, su principal objetivo.

Consideramos que la relación con la Universidad es primordial, y así hemos actuado, formando parte del **Vivero de Empresas del Parque Científico de la Universidad Carlos III de Madrid**, desde Julio de 2005; además de colaborar dentro de la misma con el **Departamento de Tecnología Electrónica de la Escuela Politécnica Superior**.

Esta iniciativa empresarial viene avalada por la experiencia en el sector de los convertidores de potencia, adquirida por el socio principal, Carlos de la Viesca, en los últimos 30 años.

La misión de **INGENIERÍA VIESCA, S.L.** es el diseño y fabricación de Convertidores de Potencia con alto contenido tecnológico, orientada su actividad a los mercados de las energías renovables, así como al ferroviario e industrial.

Tanto los mercados de las energías renovables como el ferroviario, requieren productos hechos a medida con una gran fiabilidad y calidad, primando la calidad sobre los costes, al contrario que en otros mercados industriales, menos exigentes con las prestaciones del producto y más preocupados con su coste.

Así, la empresa se dirige fundamentalmente a diseños específicos con gran contenido tecnológico, y no hacia el gran público, donde el coste de fabricación prima sobre la ingeniería. Al ser equipos altamente tecnificados, la empresa pone especial énfasis en el desarrollo de la I+D+I de forma continua para adaptarse a las nuevas tendencias en tecnología de semiconductores y a las necesidades cambiantes del mercado.

En nuestro interés por la I+D juega un papel importante la **Universidad Carlos III**, en concreto con la colaboración que se mantiene con el **Departamento de Tecnología Electrónica de la Escuela Politécnica Superior** tanto para investigación en materiales magnéticos como en simulación y control.

Los productos y servicios que **INGENIERÍA VIESCA, S.L.** ofrece se pueden dividir según los diferentes mercados en los que se trabaja:

En el **mercado eólico**, desarrollo y diseño de inversores para molinos eólicos.

En el **mercado fotovoltaico**:

- Estudios de viabilidad previos a la instalación fotovoltaica, así como el posterior desarrollo del proyecto.
- Inversores para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

En el **mercado ferroviario** también se ofrecen 2 tipos de productos diferenciados:

- Proyectos de ingeniería pura, consultoría para empresas grandes fabricantes de trenes que disponen de fábricas pero no de ingeniería para realizar este tipo de equipos electrónicos; y auditorías a equipos ya fabricados por otras empresas.
Los proyectos de ingeniería pura, pueden ser de consultoría y realización de informes sobre convertidores de otros fabricantes, o de generación de especificaciones técnicas para la definición de los equipos a instalar en los trenes.
- Venta de equipos para el sector, fundamentalmente convertidores auxiliares, cargadores de batería y fuentes de alimentación. Estos equipos son bastante complejos por el medio en que trabajan, es decir, sometidos a vibraciones permanentes y con unos niveles de seguridad muy altos (humo, fuego, etc.) ya que funcionan en un servicio público. Normalmente se diseñan a medida por la cantidad de variables que existen, como, por ejemplo, distinta tensión de entrada y de salida, distintas frecuencias y climas diferentes.

En el **sector industrial**, nos dedicamos a la venta de convertidores y cargadores de baterías para aplicaciones especiales en las que no existan productos estándar.

Entre nuestros clientes se encuentran empresas del sector privado como **VOSSLOH, GENERAL ELECTRIC, OERLIKON, EGALSA, EOZEN, SUINSA**; y empresas del sector público como **FEVE**.

Actualmente, tenemos varios proyectos en desarrollo, entre los que cabe destacar:

- Desarrollo de un inversor para molino eólico.
- Convertidor de alta frecuencia para baños electrolíticos (véase la imagen).
- Desarrollo de convertidores auxiliares para ferrocarril.
- Diversos temas de consultoría con referencia a convertidores para usos ferroviarios.

Para la venta de estos equipos tan tecnificados, consideramos fundamental disponer de un departamento de pruebas en donde poder realizar un control de calidad exhaustivo de nuestros productos. Por este motivo, nuestras instalaciones se encuentran fuera del **Vivero de Empresas del Parque Científico de la Universidad Carlos III de Madrid**, al necesitar un espacio amplio para la instalación de este laboratorio de pruebas.

INGENIERÍA VIESCA, S.L. es una empresa en constante crecimiento, con la incorporación de forma progresiva de nuevo personal a nuestra plantilla, formada fundamentalmente por ingenieros.

	INGENIERÍA VIESCA, S.L.
Dirección:	C/ Rumanía, 5 - nave B2 P.E.Inbisa Alcalá I 28803 Alcalá de Henares (MADRID)
Teléfono:	91 883.08.65
Fax:	91 882.07.17
e-mail:	info@ingenieriviesca.com



[Sumario](#)[Editorial](#)[Tribuna de debate](#) [Aula abierta](#) [Investigación](#) [Entrevista](#)[Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología](#) [La I+D en cifras](#)[La I+D en la red](#)[Línea directa con madri+d](#) [Bibliografía](#) [Con otro aire](#)

Protección de Datos

Responden:

**Pregunta**

He recibido una carta proveniente de la Agencia Española de Protección de Datos, en la cual me comunican que he estoy realizando irregularidades en el tratamiento de datos de carácter personal y que las mismas conllevan sanciones que, verdaderamente, son muy altas, ¿qué debo hacer?

Respuesta

En primer lugar, decirle que, en ningún momento, la Agencia Española de Protección de Datos, remite cartas comunicando a las empresas las posibles irregularidades que estuviere cometiendo y las sanciones derivadas de las mismas.

En segundo lugar, la Agencia Española de Protección de Datos ha emitido un comunicado poniendo de relieve y denunciando este tipo de irregularidades. Más concretamente, a este tipo de acción se le denomina "pushing" -suplantación de empresas u organismos estatales, por parte de otras empresas con la finalidad de obtener un beneficio en nombre de otro.

En último lugar, aconsejamos que, en el caso que recibieran una carta con el mismo objeto, por favor, pónganlo en conocimiento de las autoridades y de la Agencia Española de Protección de Datos.



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Proyectos Europeos



Responden:

Pregunta*Buenos días;**Dentro de un taller de empleo, yo, personalmente, llevo el módulo de proyectos europeos. La intención final es intentar crear una oficina técnica de proyectos, que gestione y evalúe.**Además, hasta final del taller (mayo 2006), queremos sacar adelante un posible proyecto (de ámbito "social"), al cual pueda acogerse la plataforma y por lo tanto, que algunas de las asociaciones participasen del mismo.**Por lo cual, mi petición es información necesaria para aprender a elaborar, gestionar y evaluar proyectos europeos y obtener las convocatorias actualizadas. Muchas gracias.***Respuesta**

La Comisión Europea gestiona diferentes programas comunitarios, concediendo ayudas a organismos públicos o privados, universidades, empresas, ONGs, etc. a través de la publicación de convocatorias. Estas ayudas se conceden en aplicación de las diferentes políticas comunitarias en ámbitos como la investigación y el desarrollo (Sexto Programa Marco), la sociedad de la información (eContent, eTen, etc.), la educación (Leonardo a Vinci, Sócrates, etc.), el medio ambiente (LIFE; etc.), justicia y asuntos de interior (Daphne, AGIS, etc.), etc.

A pesar de que cada programa presenta sus propios mecanismos y reglas de participación, existen algunas características generales comunes, como:

- La plurianualidad: su duración se extiende durante varios años publicándose sus convocatorias periódicamente.
- La transnacionalidad: normalmente es necesaria la participación de socios de otros Estados miembros y/o terceros países que otorgan al proyecto el valor añadido comunitario que necesitan.
- El efecto demostrativo: carácter de proyectos innovadores para solucionar problemas en relación con las políticas europeas.

Puede consultar la totalidad de los programas europeos existentes actualmente en el sitio Web de la Comisión Europea europa.eu.int/comm/enlargement/programmes_communautaires/pages/program/prt_pgdg.cfm?prt=1, desde donde podrá consultar el contenido y las características de cada uno, a fin de identificar el programa adecuado.

Las convocatorias se publican normalmente en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE), que puede consultar en europa.eu.int/eur-lex/lex/JOIndex.do?ihmlang=es, o en las correspondientes páginas Web de cada Dirección General de la Comisión.

En su caso, probablemente, la Dirección General que más le interese sea la de Empleo y Asuntos Sociales, cuyo sitio Web es europa.eu.int/comm/employment_social/index_es.html



- Sumario
- Editorial
- Tribuna de debate 
- Aula abierta 
- Investigación 
- Entrevista
- Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 
- La I+D en cifras
- La I+D en la red
- Línea directa con madri+d 
- Bibliografía 
- Con otro aire

Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía



Responden:

Pregunta

Desearía que me informaran de algún centro de la Comunidad de Madrid donde pudieran hacer un estudio sobre emisión de gases de los vehículos tras el uso de un producto que se añade al combustible de reciente introducción en España.

Respuesta

La Red de Laboratorios de Organismos Públicos de Investigación de la Comunidad de Madrid esta integrada por laboratorios de múltiples campos científicos y tecnológicos, que cubren un amplio rango de los servicios de ensayo y de calibración solicitados por empresas.

Dentro de la Red de Laboratorios de OPIs de la CAM está incluido el Laboratorio de Calibración de Equipos de ITV (LABITV) de la Universidad Carlos III, que dispone de equipos para la calibración de analizadores de mezclas de gases. www.madrimasd.org/Laboratorios/busquedas/comun/FichLab.asp?Clabo=128

No obstante, la Red de Laboratorios dispone de una espacio Web (www.madrimasd.org/laboratorios) que permite realizar una búsqueda del laboratorio donde se realizan los análisis que necesite en función de diferentes criterios, como tipo de ensayo, tipo de producto, código CNAE, etc.

Sumario

Editorial

Tribuna de debate 

Aula abierta 

Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d 

Bibliografía 

Con otro aire

Vigilancia Tecnológica de Biotecnología



Responden:

Pregunta

Quisiera saber cuál es el mejor envase para mantener la calidad y pureza de los aceites. ¿Qué es mejor el vidrio, el plástico o el aluminio?

Respuesta

El principal responsable de la pérdida de calidad de los aceites comestibles es su oxidación o enranciamiento. Esta reacción de deterioro conlleva la aparición de sabores y olores indeseables así como la alteración de determinados nutrientes como, por ejemplo, la vitamina E.

Un envasado eficaz permite preservar las cualidades organolépticas de estos productos durante su almacenamiento y transporte. Para la elección del tipo de envase más adecuado debe considerarse una serie de factores que favorecen el enranciamiento del aceite.

Estos factores son:

- La luz, que proporciona energía lumínica que puede activar la reacción. Es preferible, por tanto, que los envases destinados a conservar el aceite sean opacos; en caso contrario, deben mantenerse en la oscuridad.
- El oxígeno, que es uno de los reactivos del proceso de enranciamiento. El aceite debe estar en contacto con la menor proporción de oxígeno posible. En general, se utilizan atmósferas de nitrógeno para desplazar el aire de los tanques de almacenamiento y del espacio de cabeza de los envases.
- El aumento de la temperatura, que a su vez incrementa la velocidad de las reacciones de oxidación. Los envases deben estar alejados de cualquier fuente de calor.
- La presencia de determinados compuestos metálicos (cobre, hierro), que actúan como catalizadores de los procesos oxidativos. Estos compuestos no pueden encontrarse en los envases ni siquiera en cantidades traza

Atendiendo a estos requisitos, los envases pueden ordenarse de mayor a menor idoneidad para conservar el aceite de la siguiente manera:

Envases de vidrio

Los envases de vidrio tienen un coste más elevado y su distribución es resulta más complicada debido a la fragilidad de las botellas. Sin embargo, el consumidor asocia este tipo de envases con productos de mayor calidad.

Se utilizan recipientes opacos o fabricados con vidrios tratados para que filtren la luz. Cuando son cristales transparentes se mantienen en el interior de cajas de cartón.

Envases metálicos y envases multicapa (tetra brik)

Son una alternativa muy interesante para el envasado de estos productos. Su principal inconveniente es la desconfianza que genera en el consumidor no poder ver el aceite. Además, en el caso concreto del tetra brik se trata de un sistema de envasado poco extendido en la industria aceitera.

Envases de polímeros (polietileno de alta densidad)

Estos envases son bastante permeables al aire y resultan una barrera muy pobre frente a la luz. Por ello, se recomienda mantener estas botellas protegidas de la luz y el calor y consumir el aceite envasado en ellas en poco tiempo.

Por último, si deseas ampliar esta información puedes dirigirte a la Asociación Nacional de Industriales Envasadores y Refinadores de Aceites Comestibles (ANIERAC): www.anierac.com



Sumario

Editorial

Tribuna de debate Aula abierta Investigación 

Entrevista

Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología 

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d Bibliografía 

Con otro aire

Spain NanoTechnology Think Tank (SNT3, 2004)

FECYT, 2005

Madrid: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología)



Partiendo de una atinada reflexión sobre las dificultades que la transferencia de tecnología tiene en el terreno de la Nanotecnología española, el Parque Científico de Madrid, el Parc Científic de Barcelona y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología han constituido un grupo de trabajo para proponer soluciones a tales dificultades, así como para suscitar colaboraciones entre los profesionales que trabajan en esta área buscando su proyección internacional.

Se creó así el "Spain NanoTechnology Think Tank 2004 (SNT3)", cuya presentación se llevó a cabo en su reunión constitutiva como foro permanente celebrada los días 2 y 3 de diciembre de 2004 en San Lorenzo de El Escorial.

Con el objetivo declarado de crear "un escenario de trabajo para el intercambio de ideas científicas, tecnológicas y empresariales que ayuden a la creación de un sector industrial activo en Nanotecnología", SNT3 es un "laboratorio de ideas" que agrupa a los principales agentes de este sistema fomentando su interacción.

La breve monografía que reseñamos es el fruto de aquella reunión, y permite una buena aproximación a la situación presente de la Nanotecnología en nuestro país.

Los capítulos de la obra (además de un prefacio, la presentación y un anexo con la relación de participantes en el encuentro) revisan lo más destacado de la Nanotecnología en España, la metodología del *think tank*, las conclusiones generales del encuentro, las oportunidades de innovación detectadas y las conclusiones específicas de las distintas sesiones de trabajo realizadas.

Dado que en la reunión constitutiva de SNT3 participaron destacados expertos (procedentes tanto del sector público como del sector privado), los textos que nos ofrecen representan una adecuada panorámica de la situación actual y de las principales líneas de actuación futura en un ámbito científico-tecnológico tan atractivo desde el punto de vista de sus potencialidades como retrasado en cuanto a la actividad nacional.

En la estremecedora llamada de atención que hace Bonifacio Vega García (del Parque Científico de Madrid) sobre la situación actual se señala que España ocupa la vigésima posición -entre los países integrados en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE- en cuanto a desarrollo e innovación en Nanotecnología, contando únicamente con tres empresas activas en este campo. Por si esto fuera poco, en el informe de la Comisión Europea *Hacia una estrategia europea para las Nanotecnologías*, COM (2004) 338, se afirma que España ocupa el último lugar en la Unión (esto es, incluyendo a los países de reciente adhesión) en cuanto a gasto público per cápita en Nanotecnología, con un registro de sólo 0,039 euros, lo que contrasta de manera sangrante con los 5,6 euros de Irlanda, país que más financiación pública dedica a esta materia.

A pesar de tan pobres cifras, la actividad realizada por los científicos y tecnólogos españoles que trabajan en este ámbito resulta ciertamente encomiable, como pone de relieve los resultados, las ideas y las perspectivas que se recogen en este volumen, que se complementa con un CD-ROM que recoge una muy interesante serie de estudios previos a la reunión de San Lorenzo de El Escorial.

Así por ejemplo, aparece un atinado y útil resumen del informe realizado por el Círculo de Innovación en Microsistemas y Nanotecnología (CIMN), organización fruto de una iniciativa conjunta de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de

Madrid y del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Dicho informe, en su primera versión, vio la luz en 2003, y posteriormente ha sido actualizado en el marco del proyecto europeo NANOMAT (Fundación para el Conocimiento Madri+d).

Este estudio, tras una brevísima presentación metodológica, consta de cuatro apartados, donde se recogen sucesivamente el marco de referencia mundial para la Nanotecnología, las líneas y tendencias actuales que muestra la I+D en Nanotecnología, las instituciones, centros y empresas españolas con actividad en este campo (así como la agregación de sus resultados), y, por último, un análisis sucinto del capital humano más activo en Nanotecnología.

Más adelante, dentro de las "Conclusiones Generales", se incorporan varias propuestas de mejora, entre las que destacamos las siguientes:

- Invitar a grupos de inversores a los trabajos de SNT3, así como especificar la dimensión financiera de las oportunidades de innovación detectadas.
- Reducir el número de temas abordados, así como analizar más en profundidad cuestiones horizontales, tales como la percepción social de la Nanotecnología.
- Dar una dimensión internacional a los grupos de trabajo creados.

Por último, y con respecto a las oportunidades de innovación detectadas, se recogen treinta y tres líneas agrupadas en Aeroespacial y Defensa, Biomedicina y Farmacología, Industria Energética y Electrónica y Materiales. Como complemento, y origen, de estas conclusiones, la monografía detalla de manera bastante minuciosa las labores de los grupos de trabajo. Aquí sería aconsejable, en especial si se considera la necesidad que tiene la Nanotecnología de hacerse visible socialmente, aclarar ciertos términos especializados y cuidar más la expresión escrita. Por ejemplo, en la página 50 se dice que "hay unanimidad en la necesidad de una Foundry española", tras afirmar que ha de mantenerse "el inmenso background que se tiene en microsistemas."

Jesús Rodríguez Pomedá
Universidad Autónoma de Madrid



Sumario	
Editorial	
Tribuna de debate	+
Aula abierta	+
Investigación	+
Entrevista	
Innovaciones de éxito y transferencias de tecnología	+
La I+D en cifras	
La I+D en la red	
Línea directa con madri+d	+
Bibliografía	+
Con otro aire	

International Journal of Nanotechnology. Special Issue 'On Nanotechnology in Spain'

2(1/2), 2005



Este número doble especial de la revista *International Journal of Nanotechnology* ha sido editado por el Dr. Pedro A. Serena, del Instituto de Ciencia de los Materiales de Madrid (Departamento de Teoría de la Materia Condensada), centro perteneciente al CSIC asociado a la Universidad Autónoma de Madrid.

A lo largo de doce artículos (más el prefacio redactado por Serena) se muestran los resultados más recientes de algunas de las líneas principales de investigación en Nanotecnología en nuestro país.

Tal y como se señala en el citado prefacio, pueden destacarse los siguientes rasgos de la situación presente de la Nanotecnología en España:

- a. A pesar del importante potencial, tanto científico-tecnológico como económico, que presenta la Nanotecnología, en España los instrumentos de política científica le han dedicado una atención muy limitada. Sólo a partir del Plan Nacional de I+D+i 2004-07 se contempla una Acción Estratégica en Nanotecnología (dotada con poco más de 10 millones de euros por año) orientada hacia una serie de objetivos de medio plazo que necesariamente han de acometerse por equipos transversales constituidos por grupos de investigación básica, aplicada y de desarrollo tecnológico, según indica el doctor Serena. Dado que los primeros proyectos de esta Acción arrancaron en 2005, aún es demasiado pronto para valorar sus resultados. No obstante, puede decirse que el planteamiento descrito resulta en principio adecuado, puesto que parece una forma inteligente de articular y potenciar los recursos de investigación existentes a diferentes niveles del quehacer científico-tecnológico. Si se considera la dinamicidad y transversalidad de la Nanotecnología, este puede ser un buen punto de inicio. Otra opinión puede merecernos la dotación presupuestaria indicada, que no se corresponde con las posibilidades (e inversiones) que otras naciones han visto en este campo
- b. A pesar de la relativa juventud de esta corriente de investigación, ya existen en España no menos de 140 grupos de investigación radicados en diferentes Universidades, Organismos públicos de Investigación y empresas privadas. Esta emergente comunidad científica se articula -entre otras iniciativas- gracias a las redes "Nanociencia" y "NanoSpain", según nos informa Serena. Una de las preocupaciones principales de dichas redes (como no podía ser de otro modo dado el estado de desarrollo de esta comunidad científica) es el intercambio de ideas y experiencias para, posteriormente, provocar la creación de una estructura científico-tecnológica que pueda alcanzar los niveles de excelencia requeridos para insertarse en el Espacio Europeo de Investigación, lográndose así el acceso a fuentes de financiación y otras facilidades propias de este importante instrumento de la política comunitaria de investigación.
- c. Comienzan a proliferar las reuniones científicas de distinto nivel (seminarios, conferencias,...) que aumentan la visibilidad de la actividad española en Nanociencia y Nanotecnología. Concretamente, en este número especial del *International Journal of Nanotechnology* que comentamos, aparecen contribuciones derivadas varias presentaciones realizadas en las reuniones que la Red Nanociencia celebró en Barcelona (2002) y en Oviedo (2003). En ellas, así como en su reflejo escrito, se muestra la variedad de los problemas abordados por los *nanocientíficos y nanotecnólogos* españoles. Nanomateriales magnéticos avanzados; producción, caracterización y modelización de nanotubos de carbono, o el uso de *nanoherramientas* para estudiar diferentes sistemas biológicos no son sino tres ejemplos de las cuestiones de investigación presentes en esta publicación científica.

Los resultados alcanzados nos hacen pensar que ya pudiera existir la masa crítica necesaria para desarrollar en nuestro país unas aplicaciones prácticas acordes con la potencialidad de estas disciplinas.

Por tanto, puede concluirse que, si bien encontramos unas redes científicas capaces de acercar la realidad española a los resultados que alcanzan otras naciones (como los Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Canadá, Alemania o Francia), seguimos careciendo de instrumentos de transferencia tecnológica eficientes y de una agenda política que sitúe a la Nanociencia y a la Nanotecnología en el lugar presupuestario que les corresponde.

El desarrollo de estas áreas durante los años más recientes puede entenderse como un trasunto de la ciencia y la tecnología española en los últimos tiempos. En efecto, muchas de las características de tal desarrollo no hacen sino replicar a una escala más reducida las virtudes y los defectos más destacados de nuestro devenir científico-tecnológico. Así, por ejemplo, sucede con la excesiva dependencia de los recursos públicos a la hora de financiar los estudios y trabajos de estos campos de conocimiento.

Volvemos entonces a una paradoja muy española: a pesar de los resultados observables en otros países, por encima de lo que aconseja un análisis racional de su potencialidad, el sector privado no acaba de involucrarse en la escala adecuada en la actividad *nano*. Se termina dependiendo en exceso de unas políticas públicas que, aunque bienintencionadas, no llegan a tener el vigor que sería deseable. En el fondo se trata, como no podía ser de otro modo, de un problema de elección cuya respuesta requiere interpretar adecuadamente las conductas y fuerzas de los diferentes agentes que constituyen el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Jesús Rodríguez Pomeda
Universidad Autónoma de Madrid





EDITORIAL

The Nanotechnology slow wake-up in Spain

Antonio Correia
Phantoms Foundation
Juan José Sáenz
Dept. of Physics of the Condensed Matter
Universidad Autónoma de Madrid
Pedro A. Serena
Materials Science Institute of Madrid
CSIC

FORUM FOR DEBATE

Nanoscience: Atomic and Molecular Manipulation

Blanca Biel
Fernando Flores
Dept. of Physics of the Condensed Matter
C-III
Universidad Autónoma de Madrid
Iván Brihuega
Pedro J. de Pablo
Julio Gómez-Herrero
Cristina Gómez-Navarro
José María Gómez-Rodríguez
The New Microscopies Lab
Dept. of Physics of the Condensed Matter
C-III
Universidad Autónoma de Madrid
Oscar Custance
Graduate School of Engineering
Osaka University

Nanofoton: Towards the Sub-Micrometric Light Control

Álvaro Blanco
Materials Science Institute of Madrid (CSIC)
Cefe López
Materials Science Institute of Madrid (CSIC)
Antonio García-Martín
Microelectronics Institute (CSIC)
Gaspar Armellas
Microelectronics Institute (CSIC)
F.J. García Vidal
Dept. of Physics of the Condensed Matter
Universidad Autónoma de Madrid

Nanomagnetism

M. A. García
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. Materials Physics
UCM
P. Marín
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. of Materials Physics
UCM
J. M. González
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Materials Science Institute of Madrid
CSIC
P. Crespo
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. of Materials Physics
UCM
A. Hernando
Applied Magnetism Institute RENFE-UCM-CSIC
Dept. of Materials Physics
UCM
Materials Science Institute of Madrid
CSIC

Nanotechnology in Spain

Joaquín Alonso Andaluz
Madri+d Foundation for the Knowledge
Jaime Sánchez Páramo
National Institute of Aerospace Technology

OPEN LECTURE ROOM

The potential of the Madrid Region to develop a technological cluster

Isidro de Pablo López
Begoña Santos Urda
Yolanda Bueno Hernández
Fernando Borrajo
Francisco Pizarro
Entrepreneurship and Learning, and Local
Development Group
Universidad Autónoma de Madrid

Japan's knowledge districts, technopolis and regions: organizational changes in metropolitan areas

Julio César Ondategui
Universities and Research Directorate
Madrid Regional Government

RESEARCH:

-CENTRES AND PROJECTS

Prospection Lab, Geological
Engineering Department
Mines Engineering High Technical School
Polytechnic University of Madrid

-DOCTORAL DISSERTATIONS

Some dissertations on
Nanotechnology and Nanoscience

INTERVIEW

Visions of Nanotechnology

Patrick Van-Hove
IST-FET
European Commission
Manuel Vázquez Villalabeitia
Materials Science Institute of Madrid Materiales
de Madrid
CSIC
and Manager of the Strategic Action on
Nanoscience and Nanotechnology
Ministry of Science and Education
José Manuel Báez Cristóbal
Spanish Foundation for Science and Technology
Jordi Pascual Gainza
Executive Director of the Catalan
Nanotechnology Institute
Clara Eugenia Núñez
Head of the Universities and Research
Directorate
Madrid Regional Government

**SUCCESSFUL INNOVATIONS
AND TECHNOLOGY TRANSFER
HISPANAGAR S.A**

mCentric

INGENIERÍA VIESCA, S.L.

R&D FIGURES

Some Spanish Nanotechnology figures,
following the "Mapping Excellence in
Science and Technology across
Europe" project

THE R&D IN THE NET

Nanoscience and Nanotechnology

madri+d HOT LINE

Asesorías telemáticas del Centro de
Enlace

Data Protection
European projects
Innovation Circle on environmental technologies
and energy
Technological Surveillance in Biotechnology

LITERATURE OUTLINES

Spain NanoTechnology Think Tank
(SNT3, 2004)

FECYT (2005)
Madrid, Especial Nanotecnología, nº 1, febrero

International Journal of
Nanotechnology. Special Issue 'On
Nanotechnology in Spain'

2(1/2), 2005

IN ANOTHER MOOD

The Flores Man

Patricio Morcillo

Espaço de debate Sala aberta 

Versão em português

Espaço de debate:

Nanociência: manipulação à escala atómica e molecular

O invento da microscopia de aproximação permitiu a manipulação individual de átomos e moléculas com o objectivo de abranger sistemas funcionais nanométricos que constituem o núcleo da Nanociência. Neste artigo apresentamos exemplos da manipulação atómica, partindo do artigo pioneiro de Eigler para o Xe sobre Ni e continuando com testes recentes em superfícies semicondutoras desenvolvidos por investigadores procedentes do Laboratório de Novas Microscopias. Finalmente apresenta-se como a criação de reduzidos defeitos através da irradiação com Ar⁺ permite ajustar o fluxo em nanotubos de carbono metálicos.

Blanca Biel**Fernando Flores**Dpto. Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid**Iván Brihuega****Pedro J. de Pablo****Julio Gómez-Herrero****Cristina Gómez-Navarro****José María Gómez-Rodríguez**Laboratorio de Nuevas Microscopias,
UDpto. Física de la Materia Condensada,
Universidad Autónoma de Madrid**Óscar Custance**

Graduate School of Engineering, Osaka University

NanoFotónica: Para o controlo sub-micrométrico da luz

A nanofotónica é a disciplina científica que tem por objecto o estudo da geração, controlo e detecção da luz a escalas similares ou menores que a sua própria longitude de onda e o estudo da interacção com a matéria à escala nanométrica. Em particular os seus objectivos e desafios mais importantes têm a ver com os fenómenos no campo da radiação electromagnética ou as matérias estão confinadas em tamanhos de amplitude nanométrica. Neste campo apareceram com força várias áreas de investigação tendentes a explicar, prever e aplicar ditos fenómenos e de entre eles destacaremos os cristais fotónicos, a magneto-fotónica e a plasmónica.

Alvaro Blanco**Cefe López**

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)

Antonio García-Martín**Gaspar Armelles**

Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC)

**F.J. García Vidal**Departamento de Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

Nanomagnetismo

Neste trabalho faz-se uma revisão das propriedades magnéticas dos materiais nanoestruturados e mais concretamente das nanopartículas. Descreve-se como os materiais nanomagnéticos mudam muito bem as suas propriedades quando o seu tamanho se reduz a poucos nanómetros. Acresce, devido a estes efeitos de tamanho alguns materiais que não são ferromagnéticos no estado massivo passam a ter um comportamento típico de materiais ferromagnéticos quando se encontram na forma de nanopartículas. Finalmente, apresentam-se algumas das aplicações das nanopartículas magnéticas no campo da biomedicina.

M. A. García

P. Marín

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.

J. M. González

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC

P. Crespo

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.

A. Hernando

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC



Nanotecnología em Espanha

As nanociências e as nanotecnologias são novas áreas de investigação e desenvolvimento (I+D) cujo objectivo é o controlo do comportamento e a estrutura fundamental da matéria a nível atómico e molecular. Estas disciplinas abrem as portas à compreensão de novos fenómenos e à descoberta de novas propriedades susceptíveis de serem utilizáveis à escala macroscópica e microscópica. As aplicações das nanotecnologias são cada vez mais visíveis e o seu impacto deixará de se sentir de imediato na vida quotidiana. Este artigo sintetiza as principais conclusões alcançadas no estudo “Nanotecnologia em Espanha”. Um estudo que descreve, analisa e estuda a situação actual da nanotecnologia em Espanha.

Jaime Sánchez Páramo

Joaquín Alonso Andaluz

Fundación para el Conocimiento Madri+d



Sala aberta:

Potencial da comunidade de Madrid para o desenvolvimento de clusters tecnológicos

Nesta última década foi possível apreciar o indubitável interesse que vem apresentando o conceito “Cluster”, e mais concretamente o de “Cluster Tecnológico”, nos debates de política industrial e desenvolvimento local. E, este interesse aparece reforçado pelo êxito das experiências realizadas em distintas regiões europeias e noutras regiões do mundo. Este artigo desenvolve uma metodologia para a identificação de clusters tecnológicos como política inovadora de desenvolvimento e promoção da actividade económica de uma região. Esta metodologia aplicada ao caso concreto da Comunidade de Madrid põe em evidência que as vantagens de localização, a disponibilidade de recursos, conhecimento e infra-estruturas, e as redes de apoio de todo tipo presentes no território da Comunidade, que a qualificam para potenciar o desenvolvimento de determinados clusters tecnológicos.

Isidro de Pablo López

Begoña Santos Urda

Yolanda Bueno Hernández

Fernando Borrajo

Francisco Pizarro

Grupo de Emprendizaje y Desarrollo Local
Universidad Autónoma de Madrid



Distritos, centros tecnológicos e regiões de conhecimento no Japão: mudanças organizacionais em áreas metropolitanas

A economia moderna é um mosaico de sistemas de produção interdependentes, estes desenvolvem-se apoiados em economias de aglomeração e transações, e dinamizados por acções e instituições públicas que desenvolvem políticas de ciência e tecnologia à escala regional ou nacional. Neste contexto de desenvolvimento emergem novas áreas para a investigação, desenvolvimento tecnológico e inovação que neste novo processo de industrialização têm características especiais.

Quando analisamos a evolução da economia, tecnologia e indústria, a transformação das áreas urbanas desde a cidade principal até zonas menos urbanas é um ponto de vista indispensável. O conceito de cidade tem dois significados, um temporal e outro espacial, nas suas relações com outras áreas onde temos uma grande influência.

Este trabalho examina uma área tecno-metropolitana do Japão em relação com as mudanças realizadas em grandes áreas de tipo metropolitano, como é o caso de Chubu - área de Nagoya- situada numa região central do Japão. Numa primeira parte apresenta-

se a importância da ciência e da tecnologia no novo desenvolvimento. De seguida, as cidades da ciência e da tecnologia com as suas características principais. E, por fim, abordam-se as funções e papéis dos centros tecnológicos japonesas. As páginas e os dados que se apresentam foram obtidos "in situ" durante estadias continuas realizadas nos últimos anos.

Julio César Ondategui

Dirección General de Universidades e Investigación
Comunidad de Madrid



Tribune de débat Portes ouvertes 

Version française

Tribune de débat:

Nanoscience: manipulation à échelle atomique et moléculaire

L'invention de la microscopie de proximité a permis la manipulation individuelle des atomes et des molécules avec l'objectif de conformer des systèmes fonctionnels nanométriques qui constituent le noyau de la nanoscience. Dans cet article nous présentons des exemples de manipulation atomiques, en partant de l'article pionnier de Eigler pour le Xe sur Ni et continuant avec des expériences récentes sur des surfaces semiconductrices développées par des chercheurs qui proviennent du Laboratoire des Nouvelles Microscopies. Finalement, nous montrons comment la création de certains défauts à travers irradiation avec Ar qui permet ajuster la conduction des nanotubes de carbone métalliques.

Blanca Biel**Fernando Flores**Dpto. Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid**Iván Brihuega****Pedro J. de Pablo****Julio Gómez-Herrero****Cristina Gómez-Navarro****José María Gómez-Rodríguez**Laboratorio de Nuevas Microscopías,
UDpto. Física de la Materia Condensada,
Universidad Autónoma de Madrid**Óscar Custance**

Graduate School of Engineering, Osaka University

Nanophotonique: vers le contrôle sous-métrique de la lumière

La nanophotonique est la discipline scientifique technique qui a pour objet l'étude de la génération, contrôle et détection de lumière à des échelles similaires ou mineures que sa propre longueur d'onde et l'étude de l'interaction avec la matière à l'échelle nanométrique. En particulier ses objectifs et défis plus importants ont à voir avec les phénomènes ou les champs de radiation électromagnétique ou la matière se trouvent confinés dans des dimensions de type nanométrique. Dans ce champ ont surgi avec force certaines aires de recherche tendentes à expliquer, prédire et appliquer ces phénomènes et entre eux nous mettons en évidence les cristaux photoniques, la magnéto-photonique et la plamonique.

Alvaro Blanco**Cefe López**

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)

Antonio García-Martín**Gaspar Armelles**

Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC)

**F.J. García Vidal**Departamento de Física Teórica de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

Nanognétisme

Dans ce travail les auteurs révisent les propriétés magnétiques des matériaux nanostructurés y, plus concrètement, des nanoparticules. Ils décrivent comment les matériaux magnétiques changent notablement leurs propriétés lorsque leur dimension se réduit à quelques nanomètres. D'autre part, du à leurs effets de taille, certains matériaux qui ne sont pas ferromagnétiques dans leur état massif passent à avoir un comportement typique de matériaux ferromagnétiques quand ils se trouvent en forme de nanoparticules. Finalement, les auteurs montrent quelques applications des nanoparticules magnétiques dans le champ de la biomédecine.

M. A. García
P. Marín

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.

J. M. González

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC

P. Crespo

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.

A. Hernando

Instituto de Magnetismo Aplicado (RENFE-UCM-CSIC)
Depto. Física de Materiales
Universidad Complutense de Madrid.
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
CSIC



Nanotechnologie en Espagne

Les nanosciences et les nanotechnologies sont de nouvelles lignes de recherche et de développement (R&D) dont l'objectif est le contrôle du comportement et la structure fondamentale de la matière au niveau atomique et moléculaire. Ces disciplines ouvrent les portes à la compréhension de nouveaux phénomènes et à la découverte de nouvelles propriétés susceptibles d'être utilisées à échelle macroscopique et microscopique. Les applications des nanotechnologies sont de plus en plus visibles et leurs impacts se laisseront sentir très prochainement dans la vie quotidienne. Cet article synthétise les principales conclusions atteintes dans l'étude "Nanotechnologies en Espagne". Une étude qui décrit et analyse la situation actuelle de la nanotechnologie en Espagne.

Jaime Sánchez Páramo

Joaquín Alonso Andaluz

Fundación para el Conocimiento Madrid+



Portes Ouvertes:

Le potentiel de la Communauté de Madrid pour le développement des clusters technologiques

Au cours de ces dix dernières années nous pouvons observer un croissant intérêt en ce qui concerne le concept de "cluster" et, plus concrètement, le concept de "cluster technologique" dans les débats de politique industrielle et de développement local. Cet intérêt c'est vu renforcé par le succès des expériences effectuées dans les différentes régions européennes et mondiales. Cet article présente une méthodologie afin d'identifier les clusters technologiques comme politique innovatrice de développement et promotion de l'activité économique d'une région. Cette méthodologie appliquée au cas concret de la Communauté de Madrid met en évidence que les avantages de la localisation, de la disponibilité de ressources, de connaissances et d'infrastructures ainsi que des réseaux d'appui de toute sorte présents dans le territoire de la Communauté, la qualifie pour stimuler le développement de certains clusters technologiques.

Isidro de Pablo López

Begoña Santos Urda

Yolanda Bueno Hernández

Fernando Borrajo

Francisco Pizarro

Grupo de Emprendizaje y Desarrollo Local
Universidad Autónoma de Madrid



Districts technopolis et régions de la connaissance au Japon: changements organisationnels dans les zones métropolitaines

Si l'économie moderne est un mosaïque de systèmes de production interdépendants, ces derniers se développent sur la base des économies d'agglomération et de transactions, stimulées par des actions et des institutions publiques qui implantent des politiques de science et technologie à échelle régionale ou nationale. Dans ce contexte de développement émergent de nouvelles zones pour la recherche et le développement technologique et innovateur qui dans ce nouveau processus d'industrialisation ont des caractéristiques particulières.

L'analyse de l'évolution de l'économie, de la technologie et de l'industrie ainsi que la transformation des zones urbaines depuis la ville centrale vers des zones moins urbaines savère une approche indispensable. Le concept de ville a deux acceptions, une temporelle et l'autre spatiale, à partir des relations que la ville maintient avec les autres zones sur lesquelles elle a une grande influence.

Cet article examine une zone technopolitaine du Japon par rapport à d'autres

changements organisés dans de grandes zones métropolitaines, comme le cas de Chubu -zone de Nagoya- située au centre du Japon. Dans une première partie, nous traitons l'importance de la science et de la technologie dans le nouveau développement. Ensuite, nous étudions les villes de la science et de la technologie avec leurs principales caractéristiques. Et, enfin, nous abordons les fonctions et rôles des technopolis japonaises. Les pages et les données qui suivent ont été prise sur place grâce aux séjours passés au Japon durant ces dernières années.

Julio César Ondategui

Dirección General de Universidades e Investigación
Comunidad de Madrid

