

- Transferencia y comercialización de patentes en Iberoamérica
- Formalización de lineamientos sobre nanotecnología en México
- Citotoxicidad y efecto antifúngico de partículas de plata para uso odontológico



LABORATORIO SOCIOECONÓMICO EN NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA
www.labnano.ceiich.unam.mx



videos | nanociencias | nanotecnología | análisis | información



**Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria
en Nanociencias y Nanotecnología**

DIRECTORIO

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Dra. Estela Morales Campos
Coordinadora de Humanidades

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Coordinador de Innovación y Desarrollo

Dra. Norma Blazquez Graf
Directora del CEIICH

Dr. Sergio Fuentes Moyado
Director CNYN

Dr. José Saniger Blesa
Director CCADET

Mundo Nano

Editores

Dr. Gian Carlo Delgado Ramos • giandelgado@unam.mx

Dr. Noboru Takeuchi Tan • takeuchi@cnyun.unam.mx

Editor Asociado

M. en C. Rogelio López Torres • mrlt@unam.mx

Comité Editorial

Física (teoría)

Dr. Sergio Ulloa • ulloa@ohio.edu
(Departamento de Física y Astronomía,
Universidad de Ohio. Estados Unidos)

Dr. Luis Mochán Backal • mochan@em.fis.unam.mx
(Instituto de Ciencias Físicas, UNAM. México)

Física (experimental)

Dr. Isaac Hernández Calderón •
Isaac.Hernandez@fis.cinvestav.mx
(Departamento de Física, Cinvestav. México)

Ingeniería

Dr. Sergio Alcocer Martínez de Castro
• SALcocerM@ingen.unam.mx
(Instituto de Ingeniería, UNAM. México)

Microscopía

Dr. Miguel José Yacamán • miguel.yacamán@utsa.edu
(Departamento de Ingeniería Química,
Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos)

Catálisis

Dra. Gabriela Díaz Guerrero • diaz@fisica.unam.mx
(Instituto de Física, UNAM. México)

Materiales

Dr. Roberto Escudero Derat • escu@servidor.unam.mx
(Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM. México)

Dr. José Saniger Blesa • jose.saniger@ccadet.unam.mx
(Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM.
México)

Dr. Pedro Serena Domingo, Instituto de Ciencia de Materiales
de Madrid-CSIC (España)

Ciencia, tecnología y sociedad

Dr. Louis Lemkow • Louis.Lemkow@uab.es
(Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental,
Universidad Autónoma de Barcelona. España)

Dra. Sofía Liberman Shkolnikoff (Psicología-UNAM, México)

Ciencia, tecnología y género

Dra. Norma Blazquez Graf • blazquez@servidor.unam.mx
(Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y
Humanidades, UNAM. México)

Filosofía de la Ciencia

Dr. León Olivé Morett • olive@servidor.unam.mx
(Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM. México)

Complejidad de las ciencias

Dr. José Antonio Amozurrutia • amoz@labcomplex.net
(Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y
Humanidades, UNAM. México)

Dr. Ricardo Mansilla Corona • mansy@servidor.unam.mx
(Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y
Humanidades, UNAM. México)

Medio ambiente, ciencia y tecnología

Dra. Elena Álvarez-Buyllá • eabuylla@gmail.com
(Instituto de Ecología, UNAM. México)

Aspectos éticos, sociales y ambientales

de la nanociencia y la nanotecnología
Dra. Fern Wickson (GenØk Center for Biosafety
Tromsø, Noruega)

Dr. Roger Strand • roger.strand@svt.uib.no
(Centro para el Estudio de las Ciencias y la Humanidades,
Universidad de Bergen. Noruega)

Dr. Paulo Martins • marpaulo@ipt.br
(Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de
São Paulo, Brasil)

Mtra. Kamilla Kjolberg • kamilla.kjolberg@svt.uib.no
(Centro para el Estudio de las Ciencias y la Humanidades,
Universidad de Bergen. Noruega)

Divulgación

Dra. Julia Tagueña Parga, CIE-UNAM (México)
Dr. Aquiles Negrete Yankelevich, CEIICH-UNAM (México)
Dr. Joaquín Tutor Sánchez, ETSI-ICAI, Universidad Pontificia
Comillas (España)

Cuidado de la edición: Concepción Alida Casale Núñez

Número financiado parcialmente por el proyecto PAPIIME de la DGAPA-UNAM No. PE100313 y por el proyecto No. 190607 del CONACyT
www.mundonano.unam.mx



Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, Vol. 5, No. 9, julio-diciembre 2012, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, 04510, D. F., a través del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades y el Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Ciudad Universitaria, Torre II de Humanidades, 4º piso, Circuito Interior, Delegación Coyoacán, México, 04510, D. F., correo-e: mundonanounam@gmail.com, editores responsables: Gian Carlo Delgado Ramos

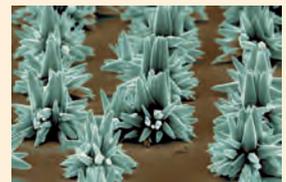
y Noboru Takeuchi Tan. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2009-010713303600-102, ISSN: en trámite, Certificado de Licitud de Título y Contenido: No. 15689, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Solar, Servicios Editoriales, S. A. de C. V., Calle 2 No. 21, Col. San Pedro de los Pinos, México, 03800, D. F. Este número se terminó de imprimir en offset en noviembre de 2012 con un tiraje de 500 ejemplares en papel couché de 90 g. para los interiores y de 300 g. para los forros.

Prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin la previa autorización de los editores.

CONTENIDO

- 4 EDITORIAL**
- 5 CARTAS**
- 5 Avances de un mundo pequeño: desarrollo de la nanotecnología en México
Luis Alberto Hernández Burciaga
- 12 LINEAMIENTOS PARA REGULACIONES SOBRE NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO**
- 20 NOTICIAS**
- 20 Sistema en tercera dimensión para enseñar las nanociencias. Permite visualizar experimentos, difundir información científica y crear videojuegos didácticos
- 20 Debate en la Universidad sobre los grandes retos del siglo XXI
- 20 La espintrónica, nuevo campo de la física moderna
- 21 Los geckos podrían transformar la industria de los adhesivos
- 21 Impulso a la excelencia Académica en nanociencias
- 21 Nanomateriales compuestos de múltiples usos industriales
- 22 Recubrimiento de polímeros permite a las nanopartículas difundirse en el cerebro
- 23 Sensor que detecta glucosa en saliva, orina y lágrimas
- 24 Sensores y dispositivos de control delgados y flexibles como suturas quirúrgicas “instrumentadas” para el monitoreo y terapia de la herida objetivo
- 25 Una nueva investigación muestra que el grafeno es capaz de sellar los agujeros en sí mismo automáticamente
- 26 Un nuevo giro en anticongelantes: investigadores crean superficies ultra resbaladizas, antihielo y antiescarcha
- 27 Desalando agua con grafeno
- 28 Nanotecnología en República Dominicana
- 28 Potenciales riesgos de cáncer debido al uso de nanopartículas de óxido de zinc en bloqueadores solares
- 29 Las nanopartículas no penetran la piel, sostiene estudio de la Universidad de Bath
- 29 Nanomedicina cubana en el mercado
- 30 Lanzamiento de LABnano-Laboratorio Socioeconómico en Nanociencia y Nanotecnología
- 31 ARTÍCULOS**
- 31 La nanotecnología en el CSIC: transferencia y comercialización de patentes
Javier Etxabe, Javier Maira y Pedro A. Serena
- 57 Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina
Homero F. Pastrana, Alba Ávila y Germán Moreno
- 68 Citotoxicidad y efecto antifúngico de nanopartículas de plata para uso de odontológico
A. Acevedo-Contreras, LS Acosta-Torres, C. Morales-Zavala y VM Castaño
- 77 Tecnología de membrana con enrejados tipo zeolita
J. Vega Moreno, E. Reguera, J. A. I. Díaz Góngora y A. A. Lemus Santana
- 81 Análisis de percepción sobre la nanociencia y la nanotecnología: el caso de la comunidad universitaria de UAM, UDLAP e IPN
José Manuel Mata Méndez y Judith Sarai Peña Jiménez
- 97 Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC y PYMES hacia procesos eficientes de producción de biocombustibles
Federico Solera Jiménez y José Roberto Vega Baudrit
- 101 RESEÑAS**
- 101 *The cluster initiative greenbook*, Sölvell, Örjan. Ivory Tower Publishers
Judith Sarai Peña Jiménez
- 106 LIBROS E INFORMES**
- 106 *Nanociencia y nanotecnología en España. Un análisis de la situación presente y de las perspectivas de futuro*. Phanton Foundation. España, 2008
- 107 *The impacts of nanotechnology on companies. Policy insights from case studies*. OECD Publishing. París, Francia, 2010
- 108 *El mercado de la nanotecnología en Hong Kong*. Oficina Económica y Comercial de la Embajada en España de Hong Kong. Marzo de 2011
- 109 *El mercado de la nanotecnología en Israel*. Oficina Económica y Comercial de la Embajada en España en Tel Aviv. Septiembre de 2011
- 110 *DNA Nanotechnology. Methods and Protocols*. Humana Press-Springer. Nueva York/Londres, 2001
- 111 *Nanotechnology for chemical and biological defense*. Springer. Londres/Nueva York, 2009
- 112 INSTRUCTIVO PARA AUTORES**
- 113 EVENTOS**

▼ La imagen que aparece en la portada es una modificación de la que aquí mostramos el original. Imagen de microscopía electrónica de barrido de clusters de nanobarillas de óxido de zinc sobre una superficie de plata. Los materiales nanoestructurados con óxido de zinc pueden ser útiles en aplicaciones fotocatalizadoras, sensores químicos de nanoescala y dispositivos optoelectrónicos.
Fuente de la imagen: Sandia National Laboratories (Estados Unidos).



Correspondencia:

Mundo Nano. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Torre II de Humanidades, 4º piso, Ciudad Universitaria, México, 04510, D. F., México.
Correo-e: mundonanonam@gmail.com

En este número se aborda especialmente la cuestión de las patentes en Iberoamérica a partir de dos trabajos, uno que revisa el estado de situación en España (incluyendo los mecanismos de transferencia y comercialización de tecnología), y otro que ofrece un análisis comparativo para el caso de países de América Latina como Argentina, Brasil, Chile y Colombia, y, por actor, sea universidad o empresa.

Las patentes son una modalidad de propiedad intelectual y se asumen como medida de protección y compensación al inventor, proporcionándole un mercado monopolizado en un territorio dado durante un cierto periodo de tiempo. Dado que se trata de un área de innovación de frontera, la competencia y velocidad de patentamiento es alta pero, al mismo tiempo, el reto de funcionalidad del proceso y del propio sistema de patentamiento en el área es mayor. Los datos ofrecidos precisan que a finales del siglo XX existían 5,177 patentes registradas, cifra que aumentó unas 25 veces al pasar a mediados del 2012 a 130,780 patentes registradas. En los países latinoamericanos se precisa una especial fortaleza en áreas de materiales y aplicaciones farmacéuticas.

El número se acompaña de una breve revisión del trabajo que se lleva a cabo en el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC) de Costa Rica en materia de innovación en biocombustibles. Se presentan resultados de investiga-

ción del uso de un alginato con nanopartículas de plata para impresiones dentales que evite la adherencia de microorganismos, mismo que fue premio de cartel en el marco de NanoMex'2011.

Asimismo, se ofrecen resultados de investigación relativos al desarrollo de tecnología de membrana con enrejados tipo zeolita, material microporoso, que poseen el potencial para la separación de mezclas de gases de interés energético y ambiental.

Se incluye el análisis de resultados de una amplia encuesta de percepción social sobre el desarrollo, potencial e implicaciones de las nanociencias y la nanotecnología en la comunidad académica y estudiantil de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Universidad de las Américas Puebla, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Culhuacán, Escuela Superior de Comercio y Administración Tepepan y Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, sedes Norte y Sur.

Finalmente, se publican los *Lineamientos para regulaciones sobre nanotecnologías para impulsar la competitividad y proteger al medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores*, documento elaborado por el Grupo de Trabajo sobre regulaciones para la nanotecnología, integrado por varias dependencias del gobierno federal e instituciones académicas. El documento se presentó el 26 de noviembre de 2012 en la Secretaría de Economía en la ciudad de México.

CARTAS

Avances de un mundo pequeño: desarrollo de la nanotecnología en México

Luis Alberto Hernández Burciaga*



Inauguración, NanoMex2012. De izquierda a derecha: Gregorio Hernández Cocoltzi, Rogelio López Torres, Fernando Santiesteban Llaguno, Rodolfo Zanella Specia y Joaquín Darío Tutor Sánchez

El quinto encuentro Internacional e Interdisciplinario en Nanociencia y Nanotecnología, NanoMex, tuvo lugar del 13 al 15 de junio del 2012, teniendo como sede la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Como parte del congreso interdisciplinario, se llevó a cabo un taller de nanociencia y nanotecnología para principiantes, cursos de escritura de textos científicos, una conferencia magistral de apertura intitulada *Idea del tiempo y sistemacalendárico entre los mayas prehispáni-*

cos y, además, se presentó un video de difusión, *El Mundo de Fernano*, el cual tenía como objetivo principal mostrar de forma simple y practica qué es la nanociencia y la nanotecnología, enfocado principalmente a jóvenes estudiantes, esto para impulsar el interés por el estudio e investigación en dichas áreas.

Como en ediciones anteriores, NanoMex'12 procuró promover y fomentar la discusión, difusión e intercambio de ideas entre investigadores de las ciencias naturales y exactas, de las ciencias



Taller para principiantes. Noboru Takeuchi, CNyN-UNAM.



Curso de escritura de textos científicos y Conferencia de apertura. Julia Tagüña Paiga y María del Carmen Valverde, IFL-UNAM.

* Tesista de la carrera de filosofía de la FFyL, UNAM, e integrante del proyecto «Lab-nano. Laboratorio socioeconómico en nanociencia y nanotecnología» del CEIICH-CONACyT número 118244. <www.labnano.ceiich.unam.mx>

sociales y las humanidades. Durante el evento se presentaron avances y resultados de investigación, incluyendo líneas sobre los aspectos sociales y éticos en los que recaen los resultados de dichas innovaciones.

Algunos de los temas abordados en el consorcio fueron: riesgos e implicaciones de la nanotecnología en el medioambiente y ciclo de vida, protocolos de fabricación, nanoestructuras, nanopartículas, fenómenos presentes en la nanoescala, (nanoalambres) virus, nanotubos, medicina, biotecnología, catalizadores metálicos, procesos de patentamiento, entre otros.

Acudieron unas 120 personas, entre ellos, científicos, investigadores, y estudiantes. El evento constó de 13 ponencias plenarias, 1 conferencia invitada, 24 exposiciones orales y la presentación de 74 pósters. Participaron investigadores de México, España, Estados Unidos, Brasil y Colombia.

Nanomex'12 fue patrocinado por la UNAM, en alianza con el Instituto de Física de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Entre las ponencias plenarias, el Dr. Raúl Patricio Esquivel Sirvent del Instituto de Física de la UNAM, presentó algunos resultados concernientes al estudio del autoensamblaje en nanoprismas de Au en cristales unidimensionales, indicando así, las medidas que estos prismas poseen, las cuales van de los 7 nanómetros de grosor, mientras que sus rangos de longitud son de 70 a 140 nanómetros. Además, indicó la importancia que ocupa la interacción de las fuerzas de Van der Waals (fuerza atractiva o repulsiva entre moléculas [o entre partes de una misma molécula] distintas a aquellas debidas al enlace covalente o a la interacción electrostática de iones con otros o con moléculas neutras) la cual contribuye a formar una fuerza de atracción que participa de manera importante en el proceso de autoensamblaje.

La Dra. Marisol Alcántara Ortigoza, de la University of Central Florida (EUA); explicó que los fenómenos que se presentan en la nanoescala tienen una gran importancia tecnológica, razón por la cual es de gran interés conocer las propiedades de las partículas nanométricas y su comportamiento bajo diversas condiciones. En tal

sentido, agregó, se ha analizado el tamaño, la fisiología y las características vibracionales. Sin embargo, menciona, no podemos despegarnos de los modelos realizados anteriormente con respecto a la materia en la macroescala. Ya que, a pesar de referirnos a leyes de física distintas—entiéndase física clásica y cuántica— en ambos casos, estamos directamente estudiando el comportamiento de la materia. El análisis teórico de la física puede permitirnos generar conclusiones acerca de la nanoescala. Pese a ello, precisa Alcántara Ortigoza, hay ocasiones en que los modelos más allá de aportar información, pueden ser engañosos y conducirnos a errores; esto es un ejemplo de lo que ocurre al analizar las muestras nanométricas con ayuda del *Modelo de Debye*. En dicho modelo, el incremento de la temperatura de Debye es atribuido a la estructura propia de cada nanopartícula. Así, al analizar partículas con propiedades magnéticas, debemos recordar que las nanopartículas tienen números de coordinación pequeños, por lo tanto, cada átomo podría tener diferentes tiempos de relajación. La investigadora concluye recalcando la importancia de estipular en los análisis, el momento en que referimos a nanociencia, ya que habrá parámetros inherentes a ésta, que deberán tenerse en cuenta.

Por su parte, el Dr. José Ángel Martín Gago, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en España, abordó la viabilidad de desarrollar estructuras a partir de la química en superficies. Mencionó que las propiedades estructurales y electrónicas dependerán de los arreglos y la forma en que se acomoden las moléculas en la superficie en que se trabaje. Mediante la síntesis en la superficie se pueden formar especies moleculares que no sería posible obtener por otros medios, permitiendo así la formación de nuevas estructuras que a su vez son estables y que, además, permiten una eficiente transferencia de electrones e incluso generar técnicas científicas compatibles con alto vacío.

El Dr. Martín, tomando ideas de la catálisis heterogénea (aquella donde el catalizador y sus reactivos se encuentran en fases distintas, generalmente un sólido y un gas o un sólido y un líquido), mencionó que para poder generar los

arreglos y acomodos deseados es necesario alejar a la molécula de nuestro interés de todos aquellos grupos que la protegen y estabilizan, esto ya sea por adsorción o difusión (colocarse en una cierta superficie y dependiendo del nano-objeto final deseado, éste podrá ser ordenado en cadenas o redes). Esta aproximación nos lleva a la construcción desde el enfoque *bottom-up*, a partir de la cual, debido a las posibilidades que nos permite este tipo de química, se puede desarrollar la capacidad de elaborar electrónicos flexibles basados en moléculas orgánicas. Y es que la química de superficies permite generar redes poliméricas u objetos moleculares.

Uteriormente, el Dr. Edmundo Gutiérrez Domínguez, miembro del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, abordó el tópico de la nanoelectrónica. Básicamente se centró en el desarrollo de transistores MOS (metal-óxido-semiconductor) nanoalambres y el efecto apreciable en éstos dependiendo de su tamaño. Asimismo, el Dr. Gutiérrez presentó algunos resultados experimentales y el desarrollo de modelos para explicar fenómenos tales como el efecto de Hall cuantizado a temperatura ambiente.

El Dr. Ernesto E. Marinero, de la Hitachi Global Storage Technologies del San Jose Research Laboratory (EUA), explicó algunos temas relacionados con la nanociencia y la nanotecnología, incluyendo cuestiones relativas a las implicaciones y nuevas incorporaciones al mercado de productos de la nanotecnología. Señaló que entre las áreas donde se puede notar marcadamente la incorporación de la nanotecnología son: la producción y aplicación de fármacos, la industria y nuevas nanoestructuras de catálisis. De modo breve, se refirió al impacto que ha tenido la nanotecnología en lo que respecta a la tecnología de almacenamiento magnético, la cual ha presentado creces y avances desde la década de 1960. Además, mencionó algunos impactos (positivos) importantes que se han presentado en el avance y desarrollo de la nanotecnología. Dichos impactos se muestran en la producción de nanocables, usados como semiconductores para la conservación de energía, pero también en el sector salud, ya que la nanotecnología ha sido empleada para favorecer tratamientos de cáncer pulmonar y de

páncreas. Otro aspecto positivo del desarrollo de la nanotecnología, es el uso de nanopartículas magnéticas para la inducción de calor eficiente. Por último, el Dr. Ernesto E. Marinero precisó que "...la nanotecnología es imprescindible para continuar con el progreso en tecnologías establecidas y tecnologías emergentes. Es un motor que impulsa la creación y desarrollo de nuevas tecnologías, siendo la plataforma para impulsar la economía global además de ser una solución positiva que puede ayudar en demasía en el sector salud".

Por su parte, el Dr. Alexys Bruno Alfonso, en sustitución del Dr. Arthur R. Smith, desarrolló fundamentalmente temas de física cuántica, explicando brevemente ciertas fórmulas y procedimientos implicados en las investigaciones de dicha ciencia. En lo que respecta a los anillos cuánticos, indicó las posibilidades de materiales para diseñarlos, entre los que destacan los semiconductores, siendo ese tipo de anillos los más convencionales, aunque, indicó, también pueden ser elaborados con nanotubos.

El Dr. Ismael Bustos Jaimes, de la FMEDIC-UNAM, expuso avances de investigación en el



Dr. Wolf Luis Mochán Backal, Instituto de Ciencias Físicas-UNAM.

área de partículas tipo virus, (VLPS) señalando que son ensamblajes moleculares de los componentes de los virus. Indicó que "...estas partículas al ser nanométricas y poseer cierta homogeneidad estructural, permiten que sean tratadas con fines biomédicos y tecnológicos, esto es, desde vacunas hasta componentes electrónicos". Bustos enfatizó que él y sus colaboradores están empleando en su investigación el parvovirus B19, empleándolo como base biotecnológica. Agregado a esto, se está llevando a cabo un estudio en el ensamble *in vitro* de VLPS del parvovirus B19 a partir de la proteína VP2. "Hemos establecido condiciones para obtener VLPS de la proteína silvestre, así como quimeras de VP2, que exponen fragmentos quiméricos en la superficie de la partícula. El polimorfismo en el VLPS facilita la obtención de nanotubos (modificando el pH)".

El Dr. Wolf Luis Mochán Backal, del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM, presentó un tipo de formalismo para calcular las propiedades macroscópicas y electromagnéticas de materiales periódicos efectuados por inclusiones, las cuales son incrustadas dentro de un huésped. En este sentido, puntualizó que "...la geometría de inclusiones es arbitraria y puede ser obtenida a partir de dibujos digitalizados que pueden ser manipulados con las herramientas de procesamiento de imágenes. Inclusive, tanto la composición de las inclusiones y el huésped, son ambas arbitrarias, y pueden corresponder a aislantes o a conductores. En el régimen de la larga longitud de onda, la dependencia en la composición y frecuencia, puede ser disociada de la dependencia de la geometría, lo que permite una aceleración de los cálculos en varios órdenes de magnitud con respecto a otros esquemas. Es así que se presenta, una aplicación basada en sistemas anisótropos que se comportan como absorbedores casi perfectos o reflectores de acuerdo con la dirección de polarización dentro de un rango de energía fácilmente sintonizable, y, además, se obtiene una explicación de la transmisión de películas metálicas perforadas por agujeros nanométricos, esto sin recurrir a la superficie de plasmones de forma explícita".

El Dr. Pedro Amalio Serena Domingo, investigador del Instituto de Ciencias de los Materiales

del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España), presentó parte de su investigación centrada en explicar el comportamiento de nanohilos o nanoalambres metálicos. Indicó la importancia que éstos tienen por sus efectos cuánticos y balísticos tanto en el transporte electrónico como en su gran potencialidad para ser aplicados en el ámbito de la electrónica. De modo sucinto, presentó algunos estudios teóricos y computacionales sobre las propiedades mecánicas de los nanohilos de Al, Cu y Ni, pues son los tipos de nanohilos en los que está enfocada su investigación. En este punto, precisó que: "...al estudiar los nanohilos, considerando conjuntos de deformaciones negativas y positivas y aplicando métodos estadísticos, es posible determinar la distribución del esfuerzo aplicado, y de esto, es decir, de las curvas de fuerzas resultantes contra la deformación, se puede determinar el módulo de elasticidad longitudinal o módulo de Young". El Dr. Pedro Serena además explicó cómo es que se examina dicho módulo en función de diferentes parámetros que caracterizan la geometría del nanohilo, presentando así algunos resultados: "...los nanohilos tienden a deformarse de manera comprensiva a medida que su radio efectivo decrece. El módulo de Young presenta una fuerte dependencia de la orientación y del radio efectivo y se observan efectos no lineales en el módulo de Young similares a los observados en otros trabajos".

La Dra. Talat S. Rahman, de la University of Central Florida (EUA), desarrolló en parte de su exposición, el asunto de las nanopartículas metálicas las cuales pueden ser utilizadas como elementos que dispersan o esparcen ondas sublongitudinales, siendo útiles para asociar y retener la propagación de ondas planas (provenientes de la luz solar) dentro de un semiconductor absorbente de película delgada, para así incorporar la luz a una capa delgada absorbente. Las nanopartículas incluso pueden ser empleadas como antenas de sublongitud de ondas, en las cuales los plasmones cercanos al campo del semiconductor son asociados a éste para aumentar su efectividad de absorción. Además, las nanoestructuras plasmónicas son posibles candidatos, dijo, para reducir el grueso que poseen las capas



Dra. Ana Cecilia Noguez Garrido. Instituto de Física-UNAM.

fotovoltaicas absorbentes. De este modo, una película metálica delgada ubicada en la superficie posterior de una capa delgada fotovoltaica absorbente, puede ser acoplada a luz del sol.

Por su lado, la Dra. Ana Cecilia Noguez Garrido del Instituto de Física de la UNAM, señaló que las síntesis de nanopartículas dispersas (las cuales poseen una gran variedad de propiedades físicas y químicas) pueden ser adaptadas mediante la manipulación de su tamaño y composición. Uno de los aspectos que llama la atención respecto al estudio de las nanopartículas, indicó Noguez, es su propiedad óptica, la cual se caracteriza principalmente por la superficie de plasmón resonante (SPR) cuya posición, ancho

o intensidad pueden ser manipuladas utilizando diferentes combinaciones entre estos mismos parámetros. Además, explicó que la superficie de plasmón resonante se desplaza de modo uniforme, obteniéndose así, una sola resonancia. Adicionalmente explicó que la forma que poseen las nanopartículas o al menos como se aprecian a “primera vista”, no es de hecho la forma que poseen, a saber, esféricas: “...cuando se intenta buscar cómo son las nanopartículas éstas se presentan en el primer vistazo como manchas esféricas, pero al estudiarlas bien y detalladamente, puede notarse que las nanopartículas pueden tener distintas formas; forma de cubos, estrellas, icosaedros, decaedros, etcétera. Pues las nanopartículas pueden tener hasta nueve diferentes tipos de forma. Inclusive, dependiendo los nanómetros, aumentando o disminuyendo el tamaño y la temperatura, una misma nanopartícula puede cambiar su forma”.

La investigadora Alba Graciela Ávila Bernal del departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes (Colombia) abordó el tema de la nanotecnología, posibles riesgos “inminentes” de ésta, y protocolos que se deberían seguir cuando se trabaja con materiales y productos nano. Señaló puntualmente que los productos de la nanotecnología al ser incorporados a la industria y al ser comercializados de algún modo, traen consigo impactos positivos y negativos en el ciclo de vida y éstos deben ser estudiados, ya que cuando salen al mercado, sólo se exaltan los beneficios de los materiales y productos de la nanotecnología, pero, no se prevé suficiente información en el manejo de desechos y el impacto que puede ocasionar en la salud y el medio ambiente. “Trabajar con nanomateriales y nanoproductos tanto para el investigador como para el trabajador y el consumidor, implican ciertos riesgos ya que se está en contacto con ellos, en diversas concentraciones y formas.” Ante tal situación, Alba Ávila señaló la dificultad para establecer marcos regulatorios y de estandarización. Esto surge, en cierta medida, de la variabilidad que se presenta entre la caracterización de los nanomateriales y productos, el reporte de concentración de nanomateriales usados y los métodos y sistemas so-

bre los cuales se realizan estudios de toxicidad. Si bien, los productos caen bajo estándares y regulaciones, los nanoproductos no están regulados bajo estándares propios, surgiendo así cierta problemática". La investigadora, culminó señalando algunos retos que habría que confrontar y resolver en relación con el diseño y uso de nanoproductos como lo son la necesidad de conocer los procesos de diseño y fabricación de los nanocompuestos; el seguimiento de protocolos de fabricación; y la efectiva realización de estudios de dispersión no invasivos.

Por su parte, el Dr. Sergio Fuentes Moyado, del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM, expuso que uno de los objetivos principales de su investigación es emplear catalizadores para crear combustibles de ultra-bajo azufre, donde las nanoestructuras ocupan un papel importante para la creación de dichos combustibles. Brevemente explicó que para tal propósito, se está explorando el uso de dos tipos de catalizadores; el catalizador de Paladio soportado en Al_2O_3 modificados con tierras raras, (Ce, La y Zr) esto para llevar a cabo la reducción de contaminantes emitidos por motores de automóviles. Ulteriormente, describió parte del procedimiento

empleado para llegar a tal finalidad, suscribiendo que durante la investigación, se arrojó un resultado destacable: "se había identificado que los catalizadores propuestos presentaban un comportamiento (positivo) superior a los catalizadores de tipo comercial, razón por lo cual se ha presentado ya una solicitud de patente sobre 'Catalizadores de $Co(Ni)-MoS_2$ para la eliminación de azufre en cargas de petróleo destinadas a la producción de gasolina y diesel".

Finalmente, el Dr. Sergio E. Ulloa, del Department of Physics and Astronomy and Nanoscale and Quantum Phenomena Institute, de la Universidad de Ohio (EUA), presentó avances de sus investigaciones relativas al efecto spin-órbita y corrales cuánticos. Respecto al efecto spin-órbita, señaló la gama de ejes de simetría que éste presenta, además de indicar que "...es posible controlar el spin-órbita a través de magnetización. Así, los efectos del spin-órbita en instrumentos de transporte pueden ser manipulados con campos eléctricos". Presentó entonces la relación que se muestra entre la polarización del "spin" y los nanotubos, pues dicha polarización puede ser controlada mediante nanotubos de carbono envueltos helicoidalmente con moléculas



Dr. Sergio Fuentes Moyado. CNyN-UNAM.



Dr. Sergio E. Ulloa. Universidad de Ohio.



Sesión de pósters, NanoMex2012

las polares, tales como el ADN". Por otra parte, reveló que en las superficies metálicas se han construido corrales -como ejemplo-, habló de las superficies de Cu. El investigador terminó señalando cómo es que en los corrales cuánticos, hechos con átomos magnéticos, es posible controlar las propiedades espectrales de los mismos sistemas cuánticos situados en el interior, siendo esto viable a través de la aplicación de campos magnéticos moderados.

Al cierre del evento, se premiaron tres pósters. El primer lugar fue sobre "Tecnología de membrana con enrejados imidazolato tipo zeolita" de J. Vega Moreno, E. Reguera, J.A. I. Díaz

Góngora y A. A. Lemus Santana del Centro en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. El segundo lugar correspondió al trabajo sobre "Propiedades luminiscentes de nanopartículas de SnO_2 : Eu" de R. Sánchez-Zeferino, U. Pal y M. Barboza-Flores del Instituto de Física de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Finalmente, el tercer lugar se otorgó al trabajo sobre "Plasmones de superficie de nanoaleaciones núcleo-capa metálicas no esféricas" de B.S. Martínez, A.L. González y F. Pérez-Rodríguez, también del Instituto de Física de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.



Ganadores del concurso de póster, NanoMex2012

LINEAMIENTOS PARA REGULACIONES SOBRE NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO



Sesión de firma de los "Lineamientos para regulaciones sobre nanotecnologías para impulsar la competitividad y proteger al medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores", llevada a cabo el 26 de noviembre de 2012.

CONSIDERANDO

Que el Consejo de Alto Nivel para la Cooperación Regulatoria fue creado por mandato de los presidentes de México, Felipe Calderón Hinojosa, y de Estados Unidos de América, Barack Obama, el 19 de mayo de 2010.

Que dicho consejo está compuesto por altos funcionarios de regulación, comercio y asuntos internacionales de ambos países.

Que el cuarto tema en el Plan de Trabajo del Consejo comprende la creación de guías que establezcan las bases para la emisión de reglamentos técnicos y normas relacionadas con nanotecnología y nanomateriales.

Que en este respecto, México creó un grupo de trabajo sobre regulaciones para la nanotecnología formado por varias dependencias del gobierno federal e instituciones académicas con el fin de elaborar dichos lineamientos

Que con fecha 30 de octubre de 2012 el grupo de trabajo finalizó la elaboración de los lineamientos sobre regulaciones para las nanotecnologías para impulsar la competitividad y proteger el medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores.

México D. F. a 26 de noviembre de 2012, el grupo de trabajo sobre nanotecnologías presenta dichos lineamientos, teniendo como testigos de honor a Héctor Octavio Nava Jaimes, Director General del Centro Nacional de Metrología y a José Antonio Torre Medina, Subsecretario de Competitividad y Normatividad, de la Secretaría de Economía, y Co-presidente del Consejo de Alto Nivel para la Cooperación Regulatoria.

LINEAMIENTOS PARA REGULACIONES SOBRE NANOTECNOLOGÍAS PARA IMPULSAR LA COMPETITIVIDAD Y PROTEGER AL MEDIO AMBIENTE, LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS CONSUMIDORES

I. Exposición de motivos

Las nanotecnologías aprovechan las propiedades y fenómenos que se presentan en la materia en la nanoescala, que se refiere al intervalo de 1 nm a 100 nm aproximadamente ("nm" es el símbolo para nanómetro, la unidad de medida que caracteriza a las nanotecnologías, equivalente a una millonésima parte de un milímetro). Dichas propiedades y fenómenos dependen tanto de la naturaleza química de las sustancias como de la forma en que éstas están constituidas. Estas sustancias consisten o contienen los denominados nanomateriales, que son aquellos que tienen alguna de sus dimensiones o su estructura interna o superficial en la nanoescala, y que con su presencia confieren a los productos de las nanotecnologías sus características novedosas.

En México ya se encuentran desde hace algunos años productos como cosméticos, recubrimientos, bactericidas, textiles, a los que se han incorporado nanomateriales y que por ello publicitan propiedades novedosas. Estos productos se encuentran en México ya sea por haber sido importados o porque han sido manufacturados en el país. Por otro lado, desde hace décadas México dispone de infraestructura y recursos humanos de clase mundial que han contribuido al desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías, aunque en algunos casos como parte de otras

disciplinas, y no siempre tales desarrollos han podido ser reflejados en productos accesibles al público.

Aun cuando las nanotecnologías son tecnologías emergentes, en pleno y acelerado desarrollo, y representan beneficios importantes, la falta de un desarrollo responsable podría inhibir su aprovechamiento y dar lugar a rezagos importantes en la competitividad del país, incluyendo la capacidad industrial y el desarrollo de enfoques innovadores, y por tanto impactando la generación de empleos y el crecimiento económico. Por otro lado, como tecnología emergente, las nanotecnologías también presentan riesgos potenciales tanto a la salud humana y a otros seres vivos como al ambiente durante el ciclo de vida de sus productos; una atención insuficiente a estos riesgos podría acarrear efectos adversos a la sociedad. Cabe destacar que la identificación y evaluación de estos riesgos aún se encuentran en fases tempranas con resultados concluyentes sólo en muy pocos casos.

El Estado Mexicano tiene como responsabilidad garantizar los derechos de las personas a la protección de la salud y a un medio ambiente sano, según lo dispuesto en el Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Los reglamentos y leyes específicas correspondientes contienen disposiciones aplicables, en esencia, a lo largo de las etapas del ciclo de vida de los productos: desde su investigación y desarrollo, manufactura, transporte, comercialización, uso, hasta su desecho y disposición final. En este sentido se encuentran, por ejemplo, disposiciones sobre:

- La regulación, control y fomento sanitarios necesarios para proteger la salud humana, incluyendo la evaluación de riesgos a la salud, en la Ley General de Salud, y los reglamentos y la normatividad que de ésta se derivan.
- Garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Artículo 1º.
- Que el trabajo se efectúe en condiciones que aseguren la vida y la salud del trabajador, en la Ley Federal del Trabajo, Art. 3º, y en la Ley general de Salud capítulo V.
- Regular y promover, la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción primaria de vegetales, en la Ley Federal de Sanidad Vegetal, Art. 1º.
- Regular los productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos, en la Ley Federal de Sanidad Animal, Art. 1º.
- Regular el autotransporte de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos que circulen en vías generales de comunicación, en la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, Art. 50.

En particular, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en su artículo 40, dispone que los reglamentos técnicos (Normas Oficiales Mexicanas, NOM) deben establecer:

- a. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales; y,

- b. La determinación de la información comercial, sanitaria, ecológica, de calidad, seguridad e higiene y requisitos que deben cumplir las etiquetas, envases, embalaje y la publicidad de los productos y servicios para dar información al consumidor o usuario.

Así, en el marco normativo mexicano existente se encuentran algunas regulaciones que pueden servir como primera aproximación para la regulación de las nanotecnologías, por lo que estos lineamientos están encaminados a complementarlas en cuanto a estas tecnologías se refiere, con la finalidad de establecer regulaciones sólidas basadas en datos fundamentados científicamente que coadyuven a evitar barreras técnicas al comercio, propiciar el aprovechamiento sustentable de estas tecnologías y dar la debida y oportuna atención a las consideraciones asociadas que se identifiquen con base en criterios generales que incluyan, entre otros:

- a. El hecho de que la composición química de los nanomateriales no es suficiente para caracterizarlos.
- b. La revisión ágil y flexible de reglamentos técnico, normas y de estos lineamientos, tan a menudo como sea necesario para estar a la par con la alta velocidad de evolución y generación de información respecto a las nanotecnologías, aprovechando para ello, entre otras fuentes, los mecanismos de intercambio de información establecidos con otros países.
Este aspecto no es de importancia menor, en vista de que las novedades en la información pueden requerir de acciones inmediatas en caso de cambios probados en los niveles de toxicidad e impacto ambiental de los nanomateriales.
- c. La participación de la industria y de las instituciones de investigación y desarrollo como generadoras de información confiable que sirvan como base de las regulaciones.
- d. La recopilación y evaluación ágil y confiable de información para su posible integración a las regulaciones en la medida de lo pertinente, incluyendo el estado de las regulaciones en otras latitudes.

II. Propósito

Establecer lineamientos generales para que las dependencias y organismos reguladores del gobierno federal, cuando sea apropiado en el marco de sus competencias, emitan regulaciones sobre nanotecnologías en cualquiera de sus aplicaciones, y sobre los productos o servicios que contengan o hagan uso de nanomateriales producidos directa o indirectamente por el ser humano, en cualquier etapa del ciclo de vida de estos materiales.

III. Lineamientos

1. Establecer nuevas regulaciones solamente en la medida en que el marco regulatorio vigente no las contemple o lo haga de manera insuficiente.
2. Tomar decisiones para fines regulatorios con base en información soportada por sólidas evidencias técnicas y científicas. La profundidad de dicha información puede cambiar de acuerdo a los avances de la ciencia y la tecnología, y variar desde el desconocimiento casi total hasta la determinación contundente sobre la materia de que se trate; sin embargo, la confiabilidad de dicha información en todo caso debe estar apropiadamente valorada. Los medios para ello incluyen, entre otros, las publicaciones científicas avaladas por pares y los hallazgos en un laboratorio confirmados por otro independiente. No obstante, con la finalidad de contar con la mayor cantidad de información disponible, es importante que también se consideren las declaraciones formales de los fabricantes o comercializadores, con la ponderación del caso.

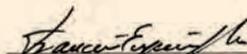
3. Determinar los requerimientos en las regulaciones de tal manera que no limiten innecesariamente la innovación y la competitividad de la industria nacional, pero que sean suficientes para preservar y proteger la salud de la población y la calidad del ambiente.
4. Disponer las medidas necesarias para cuidar de la salud de los trabajadores laboralmente expuestos a nanomateriales, ya sea por contacto, por la piel o las mucosas, ingestión, inhalación, o por cualquier otra forma de exposición.
5. Llevar a cabo las actividades para el manejo de riesgos asociados a las nanotecnologías con un enfoque multidisciplinario e integral, incluyendo los aspectos sociales, económicos y éticos relevantes; y aplicar las metodologías científicas adecuadas para la evaluación de riesgos, sin que éstas queden necesariamente limitadas a las tradicionales.
6. Requerir y mantener información de los fabricantes, importadores, distribuidores y comercializadores sobre los nanomateriales que se encuentren en el país o se tenga la intención de introducirlos, en cuanto a su toxicología, efectos al ambiente, propiedades relevantes, medidas de mitigación, remediación y alivio en caso de exposición, precauciones de seguridad en su manejo, aplicación y uso, transporte, almacenamiento, disposición y desecho. Esta información debe ser actualizada cada vez que se presenten cambios. Deben incluirse incentivos, positivos o negativos, que propicien la eficacia de este lineamiento.
7. Impulsar la investigación y el desarrollo en las nanotecnologías, de manera colaborativa, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, particularmente para cerrar la brecha de conocimientos sobre las propiedades de nuevos nanomateriales o nuevas aplicaciones para los mismos, y sus efectos potenciales en la salud y el ambiente.
8. Mantener a la sociedad informada, y particularmente a los consumidores, sobre los contenidos de nanomateriales en los productos puestos a su alcance y de sus posibles efectos en el corto, mediano y largo plazos, en la medida en que se disponga de información confiable al respecto, anteponiendo siempre el interés general al interés particular. De la misma manera debe informarse, en la medida de lo pertinente, las prácticas seguras en su manejo, seguimiento, rastreabilidad, prevención de liberación accidental y mitigación de sus posibles efectos nocivos, en su caso, y desecho o reciclaje.
9. Promover y considerar la opinión de la sociedad sobre los aspectos técnicos, ambientales, sociales, económicos, éticos y legales que conciernen a las regulaciones para el desarrollo, comercialización, uso y desecho de productos y servicios basados de las nanotecnologías y la atención a sus potenciales efectos nocivos, con el apoyo de la difusión de información confiable al respecto.
10. Procurar la coordinación de las dependencias y los organismos reguladores en materia de nanotecnologías, y promover una visión común sobre el tema en conjunto con la industria, las organizaciones públicas y privadas de investigación y desarrollo, y otras partes interesadas.

11. Procurar la armonización de las regulaciones con las de nuestros diversos socios comerciales, y particularmente preferir el uso de terminología armonizada en las comunicaciones tanto en el interior como hacia fuera del país.
12. Mantener una comunicación abierta y efectiva en materia regulatoria sobre las nanotecnologías con nuestros socios comerciales.

IV. Actualización

Estos lineamientos deben ser sometidos a revisión cuando se identifiquen modificaciones relevantes en el ámbito de las nanotecnologías, pero en ningún caso después de tres años a partir de su aprobación.

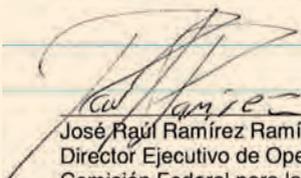
Este documento fue elaborado por el Grupo de Trabajo sobre regulaciones para la nanotecnología.



Francisco Espinosa Magaña
Investigador
Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)



Norma González Rojano
Coordinador Científico
División De Materiales Orgánicos
Centro Nacional de Metrología (CENAM)



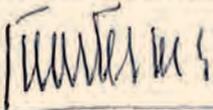
José Raúl Ramírez
Director Ejecutivo de Operación Internacional
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)



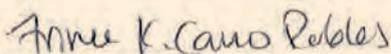
José Jesús Herrera Bazán
Gerente de Muestreo y Monitoreo
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)



José Alberto Rosales Castillo
Subdirección Ejecutiva de Factores de Riesgo
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)



Sergio Fuentes Moyado
Representante
Red Nacional de Nanociencias y Nanotecnología
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)



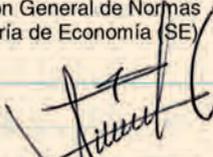
Frineé Kathia Cano Robles
Jefa de Departamento de Integración de Estrategias de Prevención de Riesgos
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)



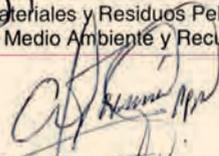
José Gerardo Cabañas Moreno
Investigador
Instituto Politécnico Nacional (IPN)



Andrea Barrios Villarreal
Directora de Normalización Internacional
Dirección General de Normas
Secretaría de Economía (SE)



Alberto Villa Aguilar
Director de Materiales y Residuos Peligrosos
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)



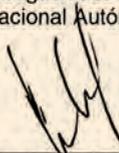
Francisco Manuel Tornero Applebaum
Director de Política de Prevención de Riesgos Laborales
Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)



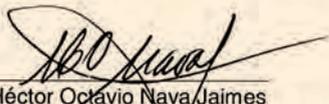
Alma Liliana Tovar Díaz
Subdirectora de Certificación y Reconocimiento
Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)



Gian Carlo Delgado Ramos
Investigador
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)



Rubén Jhonatán Lazos Martínez
Coordinador Científico
Dirección De Metrología Mecánica
Coordinador del grupo de trabajo sobre nanotecnologías
Centro Nacional de Metrología (CENAM)



Héctor Octavio Nava Jaimes
Director General
Centro Nacional de Metrología (CENAM)
Testigo de honor



José Antonio Torre Medina
Subsecretario de Competitividad y Normatividad
Co-presidente del Consejo de Alto Nivel para la Cooperación Regulatoria México - Estados Unidos
Secretaría de Economía (SE)
Testigo de honor

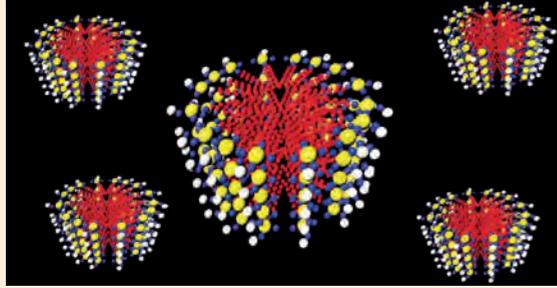
NOTICIAS

▼ 30 de agosto de 2012

Sistema en tercera dimensión para enseñar las nanociencias. Permite visualizar experimentos, difundir información científica y crear videojuegos didácticos

Patricia López

Jorge García Macedo, investigador del Instituto de Física, y un equipo de alumnos desarrollaron "Ixtli 3De Portátil" un sistema en tercera dimensión para la enseñanza de las nanociencias, que recrea las estructuras moleculares y atómicas de diversos materiales producidos en escala nanométrica.



Representaciones virtuales; la distancia entre plano y plano es de cuatro nanómetros.

▼ 24 de mayo de 2012

Debate en la Universidad sobre los grandes retos del siglo XXI

Patricia López, Cristóbal López

En el Coloquio Grandes Retos del Siglo XXI, como tema central se abordó la importancia del aumento de la destinación de recursos al desarrollo científico del país, la complementariedad entre la investigación

en ciencias y humanidades, y el estímulo a la tecnología. Noboru Takeuchi, del CNYN habló de las múltiples aplicaciones de la nanotecnología y la importancia de su multiplicación.



▼ 10 septiembre 2012

La espintrónica, nuevo campo de la física moderna

Cristóbal Lopez

El físico Albert Fert, dictó una conferencia en la Facultad de Ciencias, en donde destacó el desarrollo de la espintrónica, un campo de la física útil para el desarrollo de nuevas tecnologías, que permiten tener al

alcance dispositivos más eficientes y con menor gasto de energía, avanzar en el tratamiento del cáncer y ampliar las aplicaciones en las telecomunicaciones.



▼ 21 de febrero de 2011

Los geckos podrían transformar la industria de los adhesivos

Aline Juárez



La característica manera en que los geckos se adhieren a una superficie lisa es estudiada por científicos para su

replicación mediante la nanotecnología, con la finalidad de crear adhesivos y transformar la industria de los adhesivos.

▼ 4 de agosto de 2011

Impulso a la excelencia académica en nanociencias

Leticia Olvera



En el año 2010 el CNyN tuvo logros importantes entre los que destaca una patente, impartición de talleres, y acciones de vinculación como la parti-

cipación en el Proyecto Universitario de Nanotecnología Ambiental, así como la adquisición de equipo nuevo y ampliación en investigación.

▼ 4 de agosto de 2011

Nanomateriales compuestos de múltiples usos industriales

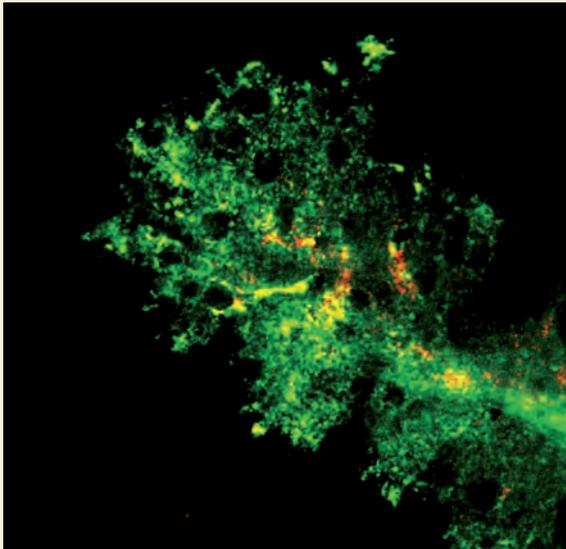
Laura Romero



En el Instituto de Investigaciones en Materiales han elaborado compuestos nanométricos útiles para la medicina, la construcción y fabricación de agujas.

▼ 29 de agosto de 2012

Recubrimiento de polímeros permite a las nanopartículas difundirse en el cerebro



El criterio general indica que sólo las sustancias de hasta 64 nm de diámetro pueden moverse a tasas considerables a través del espacio extracelular cerebral (EEC). Este rango de tamaño es lo suficientemente grande como para permitir la difusión de moléculas de señalización, nutrientes y productos metabólicos de desecho, pero demasiado pequeño como para permitir la penetración eficiente de la mayoría de los sistemas de suministro de drogas en partículas y virus cargados con genes terapéuticos, consecuentemente,

limita la efectividad de muchas posibles terapias. Analizamos los movimientos de nanopartículas de diversos diámetros y recubrimientos de superficie dentro de tejido cerebral fresco ex vivo de humanos y ratas, y en cerebro de ratones *in vivo*. Las nanopartículas tan grandes como 114 nm de diámetro podían esparcirse dentro del cerebro humano y de rata, pero sólo si estaban densamente recubiertas con poli (etilenglicol) (PEG). Usando estas minúsculas partículas recubiertas con adhesivo PEG-, logramos estimar que el tejido cerebral hu-

mano ECS tiene algunos poros mayores de 200 nm y que más de una cuarta parte de todos los poros son = 100 nm. Estos hallazgos fueron confirmados con ratones *in vivo*, donde las nanopartículas de 40 y 100 nm, pero no las de 200 nm, se dispersaron rápidamente dentro del tejido cerebral, sólo si estaban densamente recubiertas con PEG. Se observaron resultados similares en tejido cerebral de rata con nanopartículas biodegradables cargadas con paclitaxel nanopartículas de tamaños (85 nm) y propiedades superficiales similares. Se espera que la capacidad de lograr la penetración en el cerebro con nanopartículas más grandes permita una entrega de fármacos más uniforme, duradera y que se pueda encontrar su uso en los tratamientos de tumores en el cerebro, infartos, neuroinflamaciones y otros padecimientos donde la barrera sangre-cerebro esté comprometida o donde las estrategias de transporte local sean factibles.

§

Más información en:
Science Translational Medicine
[http://stm.sciencemag.org/
content/4/149/149ra119](http://stm.sciencemag.org/content/4/149/149ra119)

▼ 20 de agosto de 2012

Sensor que detecta glucosa en saliva, orina y lágrimas

Investigadores han creado un nuevo tipo de biosensor que puede detectar concentraciones minúsculas de glucosa en saliva, lágrimas y orina y puede ser fabricado a muy bajos costos, ya que no requieren muchos pasos para ser producidos.

“Es una manera no invasiva de estimar el contenido de glucosa en el cuerpo”, dijo Jonathan Claussen, un ex estudiante doctoral de la Universidad de Purdue y ahora investigador en el Laboratorio de Investigación Naval de los EE.UU. “Debido a que puede detectar la glucosa en la saliva y las lágrimas, es una plataforma que eventualmente podría ayudar a eliminar o reducir la frecuencia del uso de pinchazos para las pruebas de diabetes. Estamos demostrando su funcionalidad.”

Claussen y el estudiante de doctorado de Purdue, Anurag Kumar dirigieron el proyecto, en colaboración con Timothy Fisher, profesor de ingeniería mecánica de Purdue; D. Marshall Porterfield, profesor de ingeniería agrícola y biológica; y otros investigadores del Centro de Nanotecnología la Universidad Birck.

Los resultados fueron publicados en la revista *Advanced Functional Materials*.

“La mayoría de los sensores generalmente miden la glucosa en la sangre”, dijo Claussen. “En la literatura, muchos no son ca-

paces de detectar la glucosa en las lágrimas y la saliva. Lo que es único es que podemos detectar en los cuatro diferentes fluidos humanos: la saliva, la sangre, las lágrimas y la orina. Y eso no ha sido demostrado antes.”

El artículo, destacado en la portada de la revista, fue escrito por Claussen, Kumar, Fisher, Porterfield y los investigadores de Purdue: David B. Jaroch, M. Haseeb Khawaja y Allison B. Hibbard.

El sensor consta de tres partes principales: capas de nanoláminas, las cuales asemejan pequeños pétalos de rosas hechos de un material llamado grafeno, el cual es una película de carbono de un solo átomo de espesor; nanopartículas de platino, y la enzima glucosa oxidasa.

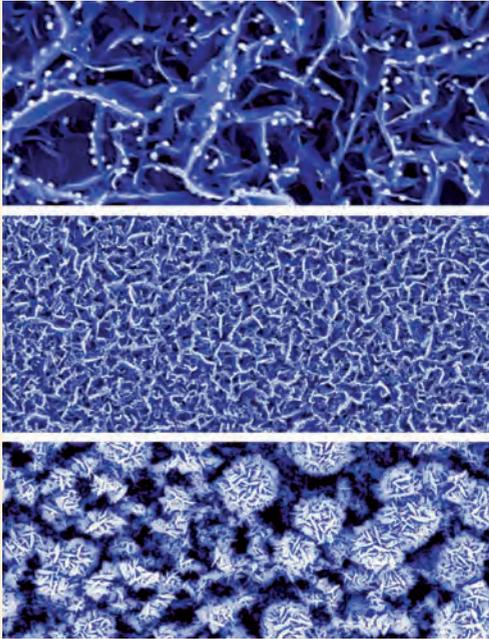
Cada pétalo contiene unas pocas capas de grafeno apiladas. Los bordes de los pétalos tienen enlaces sin saturar los cuales son químicamente muy activos y donde las nanopartículas de platino se pueden adherir. Los electrodos se forman mediante la combinación de los pétalos de nanocapas de grafeno y las nanopartículas de platino. Entonces, la glucosa oxidasa se adhiere a las nanopartículas de platino. La enzima convierte la glucosa en peróxido, el cual genera una señal en el electrodo.

“Por lo general, cuando se quiere hacer un biosensor na-

noestructurado se tiene que seguir un procedimiento con una gran cantidad de pasos antes de llegar al producto final del biosensor”, dijo Kumar. “Eso implica litografía, procesamiento químico, grabado y otros pasos. Lo bueno de estos pétalos es que pueden ser cultivados en casi cualquier superficie, y no es necesario utilizar ninguno de estos pasos, por lo que podría ser ideal para la comercialización.”

Además de las pruebas de diabetes, la tecnología puede ser utilizada para detectar una variedad de compuestos químicos buscados en pruebas para otros padecimientos médicos. “Debido a que utiliza la enzima glucosa oxidasa en este trabajo, está orientado para la diabetes”, dijo Claussen. “Pero pudiéramos intercambiar esa enzima con, por ejemplo, oxidasa glutamato, para medir el neurotransmisor glutamato para pruebas del Parkinson y el Alzheimer, u oxidasa etanol para monitorear los niveles de alcohol en un alcoholímetro. Es muy versátil, rápido y portátil.”

La tecnología es capaz de detectar glucosa en concentraciones tan bajas como 0.3 micromoles, mucho más sensible que otros biosensores electroquímicos basados en nanotubos de carbono de grafeno o grafito, y nanopartículas metálicas, Claussen dijo: “Estos son



los primeros reportes que se tienen sobre la sensibilidad a un límite tan bajo y en un rango tan amplio”.

El sensor es capaz de distinguir entre la glucosa y las señales de otros compuestos que a menudo causan interferencia en los sensores: ácido

úrico, ácido ascórbico y acetaminofeno, los cuales se encuentran comúnmente en la sangre. A diferencia de la glucosa, esos compuestos se dice que son electroactivos, lo que significa que generan una señal eléctrica sin la presencia de una enzima.

La glucosa por sí misma no genera una señal, sino que primero debe reaccionar con la enzima glucosa oxidasa. La glucosa oxidasa se utiliza en tiras comerciales de prueba para la diabetes, las cuales requieren de un pinchazo en el dedo.

Estas imágenes de microscopía electrónica de barrido con colores resaltados muestran nanolaminas que se asemejan a unos pétalos diminutos de una rosa. Las nanolaminas son componentes clave de un nuevo tipo de biosensor capaz de detectar pequeñas concentraciones de glucosa en saliva, lágrimas y orina. La tecnología eventualmente podría ayudar a eliminar o reducir la frecuencia de uso de pinchazos para las pruebas de diabetes. (Purdue University foto / Goecker Jeff)

§

Fuente Purdue University
<http://www.purdue.edu/newsroom/releases/2012/Q3/sensor-detects-glucose-in-saliva-and-tears-for-diabetes-testing.html>

▼ 14 de agosto de 2012

Sensores y dispositivos de control delgados y flexibles como suturas quirúrgicas “Instrumentadas” para el monitoreo y terapia de la herida objetivo

La recuperación adecuada de cortaduras en la piel es crítica para los procesos naturales de reparación del tejido. Diseños en electrónicos de silicio flexible permiten la integración de

los dispositivos de control, sensores y una variedad de dispositivos semiconductores sobre tiras delgadas de plástico o biopolímeros, para producir hilos de sutura ‘instrumentados’

para el seguimiento y la aceleración de la cicatrización de la herida en este contexto. Sistemas bifaciales de este tipo demuestran diversas clases de funcionalidad en modelos de

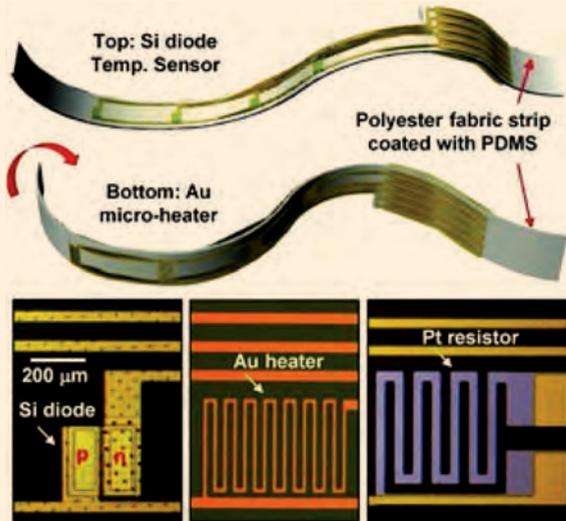
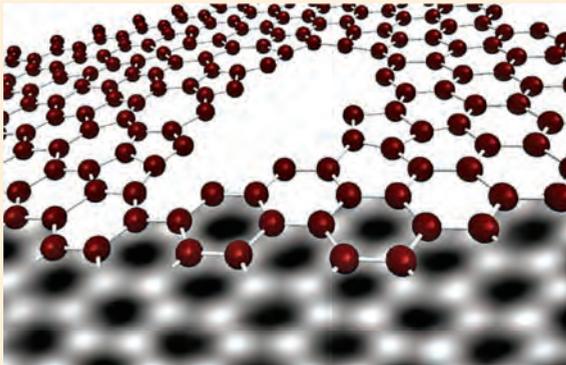


FIGURA: Banda de sutura ultradelgada con sensores de temperatura y dispositivos de control térmico integrados. Ilustración esquemática de los pasos para construir el dispositivo e integrarlo en una configuración bifacial sobre una tira delgada y estrecha de poliéster revestida con PDMS.

▼ 5 de Julio de 2012

Una nueva investigación muestra que el grafeno es capaz de sellar los agujeros en sí mismo automáticamente



Nanoagujeros, grabados a temperatura ambiente por un haz de electrones en láminas mono-capa de grafeno de una sola capa como resultado de su in-

teracción con las impurezas metálicas, pueden curarse espontáneamente al llenarse con materiales tipo grafeno no hexagonal, o estructuras

animales en vivo. Un modelado detallado de la mecánica revela las distribuciones del estrés y la tensión en estas aplicaciones, para apoyar las estrategias de diseño para un funcionamiento sólido.

§

Fuente: *Revista SMALL*
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sml.201200933/abstract>

§

Fuente *Nanoletters*
<http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/nl300985q>

▼ 11 de junio de 2012

Un nuevo giro en anticongelantes: investigadores crean superficies ultra resbaladizas, antihielo y antiescarcha

Un equipo de investigadores de la Universidad de Harvard ha inventado una manera de mantener a cualquier superficie metálica libre de hielo y escarcha. Las superficies tratadas pueden rápidamente deshacerse aún de diminutas gotas de condensación o escarcha incipientes simplemente por medio de la gravedad. La tecnología evita que se desarrollen capas de hielo en las superficies y el hielo que se forma, se desliza sin esfuerzo.

El descubrimiento, publicado el 10 de junio en la revista *ACS Nano*, tiene implicaciones directas para una amplia variedad de superficies metálicas tales como las utilizadas en sistemas de refrigeración, turbinas de viento, aeronaves, buques marinos, y la industria de la construcción. El grupo, liderado por Joanna Aizenberg, de Amy Smith Beryson, Profesora de Ciencia de los Materiales en la Escuela de Harvard de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (SEAS) y miembro del Instituto Wyss de Ingeniería Inspirada Biológicamente en Harvard, anteriormente había presentado la idea de que era posible crear una superficie que impidiera completamente la formación de hielo con recubrimientos re-

pelentes de hielo, inspirados en la hoja de loto, la cual repele el agua. Aunque esta técnica puede fallar en condiciones de alta humedad, ya que en ese caso, las texturas de la superficie se recubren con la condensación y la escarcha.

“La ausencia de formas prácticas para eliminar los defectos intrínsecos e inhomogeneidades que contribuyen a la condensación líquida, fijación, congelación, y una fuerte adhesión, ha planteado la pregunta de si alguna superficie sólida (independiente de su topografía o tratamiento) puede realmente prevenir la formación de hielo, especialmente en condiciones de alta humedad en las que se forma la escarcha”, dijo Aizenberg. Para combatir este problema, los investigadores recientemente inventaron una tecnología radicalmente diferente, la cual es adecuada para condiciones de alta humedad y presión extrema, llamada SLIPS (del inglés slippery liquid infused porous surfaces). Las SLIPS están concebidas para exponer una interfaz líquida, molecularmente plana y libre de defectos, la cual está inmovilizada por una nanoestructura sólida oculta. En estas superficies ultra suaves y derrapantes, se pueden res-

balar fácilmente, tanto líquidos como sólidos –incluyendo gotas de agua, condensación, escarcha y hielo sólido-. El reto consistía en aplicar esta tecnología a las superficies metálicas, sobre todo porque estos materiales se encuentran en todas partes en nuestro mundo moderno, desde alas de los aviones hasta barandales. Aizenberg y su equipo desarrollaron una manera de cubrir el metal con un material rugoso al que el lubricante puede adherirse. El revestimiento puede ser finamente esculpido para atrapar el lubricante y además se puede aplicar a grandes escalas en superficies metálicas de formas arbitrarias. Además, el recubrimiento no es tóxico y es anticorrosivo.

Para demostrar lo sólido de la tecnología, los investigadores lograron aplicar exitosamente este recubrimiento a las aletas de enfriamiento de un refrigerador y probaron el sistema bajo condiciones de congelamiento extremo por tiempos prolongados. En comparación con los actuales sistemas de refrigeración “libres de escarcha”, este método innovador evitó la formación de escarcha mucho más eficientemente y por más tiempo.

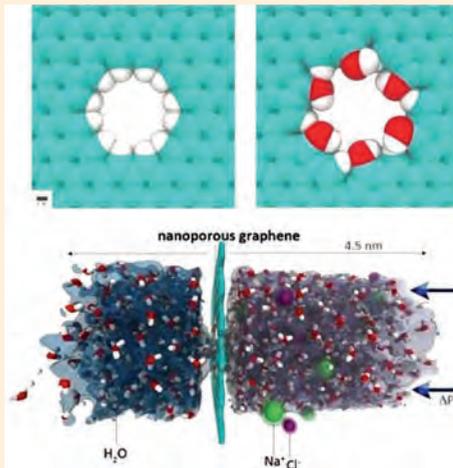


FIGURA. Gracias a una nueva tecnología por investigadores de Harvard que mantiene cualquier superficie metálica libre de hielo y la escarcha, la acumulación de escarcha en el congelador podría ser una cosa del pasado. (Imagen cortesía del usuario de Flickr Loungerie.)

§
Fuente: *Phys.org*
Lea más en: <http://phys.org/news/2012-06-antifreeze-ultra-slippery-anti-ice-anti-frost.html> # JCP

▼ Junio de 2012

Desalando agua con grafeno



Dos investigadores del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) dicen haber demostrado que los nanoporos de grafeno pueden filtrar la sal del agua a una velocidad de 2 a 3

veces mayor que la mejor tecnología de desalinización comercial que existe en la actualidad, es decir, la de ósmosis inversa.

Se creen que la superior permeabilidad al agua del gra-

feno podría conducir a técnicas de desalinización que requieren menos energía y equipos, sostiene Jeffrey C. Grossman del MIT.

Una sola capa de grafeno, que tiene un átomo de carbono de espesor, resulta muy delgada, por lo que es ventajoso para la desalinización del agua. En la eficacia de la desalinización participan el tamaño de los poros del material y la presión aplicada. Claro que esto tiene un inconveniente: hace falta que se consiga fabricar grafeno de forma sencilla, estandarizada y barata.

§
Véase: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl3012853>

▼ 24 de septiembre de 2012

Nanotecnología en República Dominicana

República Dominicana inauguró el 22 de agosto de 2012 el primer laboratorio nano del sector público. Emplazado en el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), representa una inversión inicial de medio millón de dólares a la que se sumarán unos 200 mil dólares adicionales más adelante para la adquisición de equipos. El laboratorio se enfoca en la caracterización de materiales.

A esta instalación se suma en el país el Laboratorio de Investigación en Nanociencias de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, en la provincia de Santiago, que funciona también con financiamiento público y con una contrapartida de la universidad.

La investigación en nanotecnología en la República Dominicana data de hace una década. Hay esquemas de colaboración con Puerto Rico, Cuba

y Costa Rica y existen conversaciones preliminares con investigadores de Colombia, Chile, Argentina y Brasil, detalló Arias.

§

<http://www.scidev.net/es/new-technologies/nanotechnology/news/república-dominicana-apuesta-por-la-nanotecnología-a.html>

▼ 7 de mayo de 2012

Potenciales riesgos de cáncer debido al uso de nanopartículas de óxido de zinc en bloqueadores solares

Investigadores de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Missouri han realizado estudios de toxicidad celular de la exposición solar del óxido de zinc, ingrediente común en los protectores solares que tiende a experimentar una reacción química produciendo radicales libres. Los radicales libres buscan enlazarse con otras moléculas, pero en el proceso, pueden dañar las células o el ADN contenido en el interior de dichas células. Esto, a su vez, podría aumentar el riesgo de

cáncer de piel, sostiene el Dr. YinfaMa de dicha universidad.

Los investigadores también descubrieron que cuanto más tiempo se expone el óxido de zinc a nivel nanométrico a la luz solar, mayor es la posibilidad de que se produzcan daños en las células humanas. Los datos que ofrecen precisan que la exposición del material a luz ultravioleta durante tres horas resulta, en pruebas de laboratorio, en la muerte de la mitad de las células de pulmón de la solución preparada. A las

doce horas, 90% de las células mueren.

Los resultados de la investigación han sido publicados en el *Journal of Nanoparticle Research* en su edición de enero de 2009 y más avances serán publicados por *Toxicology Applied Pharmacology*.

§

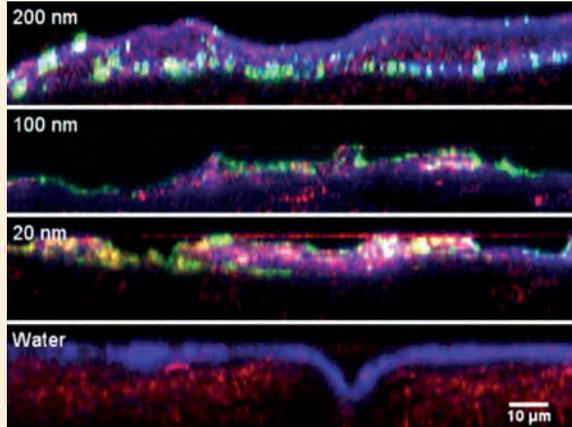
http://news.mst.edu/2012/05/sunscreen_ingredient_may_pose.html

▼ 1 de octubre de 2012

Las nanopartículas no penetran la piel, sostiene estudio de la Universidad de Bath

Según un estudio de la Universidad de Bath (Reino Unido), las nanopartículas no penetran la piel. Las implicaciones son importantes para la industria farmacéutica y de cosméticos que aseguran la absorción de medicamentos o la oferta de nuevas propiedades en sus productos de belleza precisamente porque los nanomateriales permiten transportar ingredientes a capas más profundas de la piel. Por otro lado, los resultados sugieren que el contacto con nanomateriales no implica, en principio, un potencial alto riesgo.

Richard Guy utiliza la técnica de escaneo de microscopia confocal para dar seguimiento a nanopartículas de 20 a 200 nanómetros que han sido marcadas con fluorescencia. Sus resultados sugieren que las na-



nopartículas no penetran aún cuando la piel ha sido lastimada o comprometida al erosionarla con cinta adhesiva.

Los resultados han sido publicados por el *Journal of Controlled Release*.

§ <http://www.bath.ac.uk/news/2012/10/01/nanoparticles-skin/>

▼ 22 de septiembre de 2012

Nanomedicina cubana en el mercado

Especialistas del Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM) obtuvieron una novedosa formulación de la ciclosporina, eficaz inmunodepresor empleado para evitar rechazos en pacientes sometidos a trasplantes de órganos.

Sus principales ventajas son que con una dosis tres veces menor alcanza el mismo efecto favorable proporciona-



do por el medicamento de ese tipo más vendido en el mercado mundial, dijo Darío López, autor principal del estudio.

Tal variante de la ciclosporina constituye el primer producto nanofarmacéutico

patentado y desarrollado en Cuba a escala industrial.

El trabajo consistió en el diseño de una composición de ese fármaco totalmente soluble en agua, en la cual la ciclosporina aparece disuelta en forma

de nanopartículas en microcápsulas.

§

<http://www.granma.cubaweb.cu/2012/09/22/nacional/artic03.html>

▼ octubre de 2012

Lanzamiento de LABnano-Laboratorio Socioeconómico en Nanociencia y Nanotecnología

LAB-nano es un espacio virtual (www.labnano.unam.mx) que nace ante la necesidad de impulsar análisis y evaluaciones multi- e interdisciplinarias que permitan una aproximación más fina, tanto de la complejidad, como de los potenciales y retos del avance de la nanociencia y las nanotecnologías.

La iniciativa tiene por objeto consolidar una base de datos sobre diversos aspectos del avance de la NyN, incluyendo cuestiones sociales, éticas, legales y ambientales. Ofrece información y documentos sobre los acontecimientos más relevantes en la UNAM, en México y el resto de América Latina y el mundo. Tiene una base de datos sobre investigadores en nanotecnología del país en permanente actualización por los propios usuarios, así como un



espacio de diálogo virtual para estudiantes. Asimismo, tiene una librería de videos y eventualmente de audios relativos al estado del arte de la nanociencia y la nanotecnología en México. Los usuarios y visitantes son invitados a enviar materiales para enriquecer el sitio.

LAB-nano considera que la información de alta calidad es precondition para un diálogo permanente y constructivo entre las distintas partes involu-

cradas en el avance, estímulo y eventual uso y regulación de la nanotecnología. La iniciativa ha recibido financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (Proyecto No. 118244).

§

<http://www.labnano.ceiich.unam.mx>
<http://www.facebook.com/labnano>

La nanotecnología en el CSIC: transferencia y comercialización de patentes

JAVIER ETXABE,¹ JAVIER MAIRA¹ Y PEDRO A. SERENA²

RESUMEN: La nanociencia y la nanotecnología hicieron su aparición en el escenario científico en un momento en el que la economía de España y el sistema español de investigación, desarrollo e innovación experimentaban un fuerte crecimiento. Esta circunstancia propició un notable desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología especialmente en el entorno académico universitario y en organismos públicos de investigación como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Sin embargo, este desarrollo no ha tenido reflejo en un aumento igual de importante en la transferencia de conocimiento desde los laboratorios al sector productivo. Es en este contexto en el que el CSIC ha puesto en marcha una serie de acciones, cuyo objetivo ha sido sacar provecho del conocimiento generado en las actividades de I+D, mediante su transferencia al sector industrial para llevar al mercado productos y servicios de alto valor añadido. En este artículo se describen estas acciones y se presentan los resultados alcanzados en el sector de las nanotecnologías, en el que se ha hecho un especial esfuerzo en los últimos cinco años.

ABSTRACT: Nanoscience and nanotechnology arose in the scientific scene at a time when the economy of Spain and the spanish system of research, development and innovation were experiencing strong growth. This circumstance led to a remarkable development of nanoscience and nanotechnology especially in the academic field including universities and public research institutions as the Spanish National Research Council (CSIC). However, this development has not been reflected in an equally remarkable increase in the transfer of knowledge from laboratory to industry. This is the context in which CSIC has launched a series of actions whose objective was to take advantage of the knowledge generated in R&D projects, through its transfer to industry to bring out high value products and services to the market. This article describes these actions as well as the results achieved in the field of nanotechnology, in which CSIC has made a special effort in the last five years.

LA LLEGADA DE LA NANOTECNOLOGÍA

A lo largo de las tres últimas décadas hemos asistido a una paulatina acumulación de conocimientos en el ámbito de la nanociencia, la disciplina que estudia el comportamiento de materiales y dispositivos en la denominada “nanoescala”, un territorio que corresponde a las dimensiones comprendidas entre unas décimas y varios centenares de nanómetros (Lindsay, 2009). La nanociencia se fue desarrollando paulatinamente en los laboratorios de los países más avanzados hasta que hace poco más de diez años una serie de circunstancias provocaron una inmensa inyección de recursos económicos con el fin de aprovechar todos los conocimientos acumulados y convertirlos en un instrumento con la capacidad de cambiar nuestro futuro (Pagliaro, 2010).

¹ Vicepresidencia Adjunta de Transferencia del Conocimiento (VATC). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). c/ Serrano 142, E-28006-Madrid, España.

² Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). c/ Sor Juana Inés de la Cruz 3, Campus de Cantoblanco, E-28049-Madrid, España. *Correo-e: pedro.serena@icmm.csic.es; tel.: +34 91 334 8999.

Se podría afirmar que el año 2000 es la fecha en la que la nanociencia dejó paso a la nanotecnología, pues ese momento corresponde a la puesta en marcha del programa Nanotechnology National Initiative (conocido por su acrónimo NNI) por parte del presidente de los EEUU W. Clinton (NNI, 2012; Kleike, 2009). Este programa ha propiciado, mediante inversiones acumuladas de más de 11,000 millones de dólares, la construcción de nuevos centros de investigación y la financiación de proyectos multidisciplinarios y programas formativos. Además, este programa permitió a EEUU alcanzar el liderazgo de este paradigma científicotécnico emergente, planteando desde un principio un modelo en el que los sectores productivos serían los grandes receptores y transformadores del conocimiento generado en universidades y centros de investigación, sentando las bases para una revolución de enormes repercusiones socioeconómicas (Roco, 2001). Desde el lanzamiento del programa NNI, todos los países desarrollados siguieron la senda marcada por los EEUU, planteando iniciativas similares con el fin de no quedar descolgados en la carrera de la nanotecnología (Delgado, 2008, 2009). La Unión Europea incorporó un área temática “Nanotecnología, Materiales y Procesos de Producción” (conocida como NMP) entre las líneas prioritarias de los Programas Marco VI y VII (Comisión Europea, 2004, 2005). La primera consecuencia de todos estos impulsos fue el considerable aumento del número de publicaciones científicas relacionadas con la nanociencia y la nanotecnología (Palmberg, 2009). El porcentaje de las publicaciones relacionadas con estos temas con respecto del total de publicaciones referenciadas por el *Science Citation Index* (SCI) (Thomson Reuters, 2012) pasó del 2.5% en el año 2000 al 4.1% en el año 2007 (OEI, 2009).

En la actualidad la inversión pública conjunta por parte de los gobiernos de todo el mundo se sitúa en los 10,000 millones de dólares anuales y se prevé un crecimiento de un 20% durante los próximos tres años (*Científica*, 2011). Nos encontramos ante una de las líneas científicas que más financiación está recibiendo a nivel global, con cantidades similares a las dedicadas en el pasado a otros programas como la decodificación del genoma humano o la puesta en marcha de grandes aceleradores de partículas. Esta inversión ha dado lugar a un gran número de patentes en el ámbito de la nanotecnología (Palmberg, 2009, Dang, 2010) y se han llegado a definir descriptores específicos relacionados con la clasificación de patentes en este campo (EPO, 2011). En estos momentos EEUU, Alemania, Francia, China, Japón, Corea del Sur y Taiwán están liderando la actividad en nanotecnología, aunque son los tres últimos países mencionados los que poseen una mayor capacidad de comercialización de productos basados en nanotecnología o “nanoproductos” (Hwang, 2010). Esta actividad va a propiciar un gigantesco mercado (Palmberg, 2009) y este potencial económico ha dado lugar a varios índices bursátiles que agrupan empresas emergentes que cotizan en mercados de valores internacionales (Merrill Lynch, 2004; ISE, 2009).

LA SITUACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN ESPAÑA

A la vez que la nanociencia se consolidaba a nivel mundial, España comenzó una lenta convergencia con los países más avanzados de su entorno desarrollando una economía basada en industrias como la agroalimentaria, la automoción, la fabricación de máquina-herramienta y la petroquímica, y en el sector terciario, donde destacaban el turismo y el sector financiero. Este proceso convergente también tuvo lugar en el ám-

bito de la ciencia por lo que el número de recursos, investigadores, institutos, proyectos y publicaciones comenzaron a crecer con un buen ritmo. Todo este crecimiento tuvo lugar en el marco legal proporcionado por la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, comúnmente denominada como “Ley de la Ciencia”, promulgada en el año 1986 (Ley de la Ciencia, 1986), que ha permitido el mantenimiento de convocatorias estables insertadas en un sistema plurianual de planificación mediante los Planes Nacionales de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I). Otro aspecto que no debe olvidarse es la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (ahora Unión Europea) en el año 1986. Dicha incorporación ha permitido el acceso a recursos con los que se han mejorado, entre otras cosas, infraestructuras científicas y programas de formación. Este contexto permitió a la ciencia española dar un salto cualitativo en la generación de conocimiento de calidad, logrando que España ocupe actualmente un puesto de privilegio entre los países que más publicaciones científicas producen. En el año 2010, el gasto en actividades de investigación y desarrollo (I+D) representaba el 1.39% del producto interior bruto (PIB) y las publicaciones en las que participaban instituciones españolas constituían el 3.55% de la producción científica mundial (ICONO, 2012).

Sin embargo, como se comentará más adelante, este crecimiento en número de publicaciones no se ha visto reflejado en un incremento similar en cuanto a los conocimientos protegidos y transferidos al sector industrial. Como ejemplo, podemos mencionar que el número de patentes españolas registradas en 2010 bajo el Tratado de Cooperación en Patentes (PCT, Patent Cooperation Treaty) representaban el 1.1% del total mundial (WIPO, 2011A). Del mismo modo, en el año 2006 los productos españoles sólo representaban el 0.52% de la cuota total mundial de exportaciones de bienes de alta tecnología (Meri, 2009). Este fracaso relativo de nuestro sistema de I+D+I para transferir el conocimiento desde los laboratorios hasta los mercados ha sido una de las razones para promulgar una nueva Ley de la Ciencia en el año 2011 (Ley de la Ciencia, 2011) y para poner en marcha por primera vez una completa Estrategia Estatal de Innovación (E2I, 2011).

Por lo tanto, a la vez que la nanociencia y la nanotecnología hacían su aparición en el espacio científicotecnológico, España emergía con cierto empuje en la escena científica internacional. De esta forma, la nanociencia y la nanotecnología desarrolladas en centros de investigación españoles han podido seguir un camino bastante similar al trazado por los países de su entorno (Correia, 2006). En esta coyuntura de consolidación del sistema científico español tuvo lugar la aparición de la iniciativa NanoSpain, la Red Española de Nanotecnología (NanoSpain, 2012), que desde el año 2000 aglutina una gran cantidad de grupos de investigación, tanto del sector público como del privado. En la actualidad, la Fundación Phantoms coordina la red NanoSpain (Phantoms, 2012). Gracias a la actividad desarrollada por NanoSpain, junto con otras iniciativas lanzadas por diferentes grupos e instituciones, la nanotecnología tuvo la consideración de Acción Estratégica en los Planes Nacionales de I+D+I que se desarrollaron durante los periodos 2004-2007 (PNIDI, 2004; Serena, 2009A) y 2008-2011 (PNIDI, 2008). Además, el Programa Ingenio 2010 (Ingenio, 2010) proporcionó recursos adicionales que favorecieron el desarrollo de ambiciosos proyectos de investigación más cercanos a la industria, a través de varios Consorcios Estratégicos Nacionales de Investigación Tecnológica (GENIT), en los que la nanotecnología desempeña un papel clave para reactivar o mantener la capacidad de diferentes sectores industriales a medio y largo plazo (OPTI, 2008). Todos estos

impulsos dieron lugar a la puesta en marcha de numerosos proyectos colaborativos, centros de investigación y grandes infraestructuras singulares, como el sincrotrón ALBA (ALBA, 2012) o el Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología (INL) (INL, 2012), consiguiendo una notable consolidación de la nanotecnología española (Phantoms, 2011A).

Este destacable crecimiento del sector “nano”, a pesar de tener algunos problemas de coordinación pendientes de su resolución (Serena, 2009B; Chacón, 2011), permitió que en el periodo 1999-2010 España ocupase la décima posición mundial en cuanto a producción científica en este ámbito (Hullmann, 2006; López, 2011; INIC, 2012). Otros estudios (Palmberg, 2009) sitúan a España en la posición undécima en el periodo 1991-2007, indicando que en el periodo 1996-2006 España ocupó la séptima posición mundial en cuanto a la tasa anual de crecimiento de las publicaciones en nanotecnología. En cualquier caso se puede afirmar que las iniciativas y programas que se pusieron en marcha sirvieron para mantener la estela de los países más avanzados. Esta posición de privilegio en cuanto a la producción científica no tiene, sin embargo, una contrapartida adecuada en cuanto a la solicitud, registro y licencia de patentes ni en la generación de nuevas empresas de base tecnológica (NEBTs). En un completo análisis del periodo 1991-2008, España no figura entre las quince naciones que lideran la clasificación de solicitudes acumuladas de patentes relacionadas con la nanotecnología (Dang, 2010). En un estudio patrocinado por la Comisión Europea (Palmberg, 2009), España ocupaba la posición 19 en cuanto al número de patentes acumuladas hasta el año 2005. Cuando se representa el número de patentes frente al número de publicaciones normalizado según el PIB de cada país, España se sitúa en las últimas posiciones a nivel mundial, con una patente por cada 300 artículos, mientras que Irlanda, que gasta 5.6 euros por persona y año en nanotecnología, produce una patente por cada 18 artículos (Noyons, 2003). En cuanto a la creación de NEBTs, recientes informes (Chacón, 2011; Phantoms, 2011B; Correia, 2012) revelan que el número de empresas españolas que están implicadas en el desarrollo y el uso de la nanotecnología es muy escaso en comparación con lo que ocurre en los países que mantienen niveles similares de producción científica.

En resumen, frente a una investigación científica en nanotecnología muy productiva en España, su vertiente aplicada es muy escasa y las relaciones con las empresas del entorno son poco significativas. Este hecho es similar a la situación planteada en muchos países de Iberoamérica, donde la producción industrial se basa en tecnologías de un valor añadido medio o bajo, generalmente extranjeras, y el uso de procesos, materiales o dispositivos basados en tecnología puntera protegida mediante patentes es muy escaso. Estos síntomas no sólo se perciben en el ámbito de la nanotecnología sino que, como ya se ha mencionado anteriormente, corresponden a una situación endémica del sistema ciencia–empresa–sociedad español que ha demostrado una preocupante falta de canales efectivos para convertir las grandes cantidades de conocimientos generados en universidades, organismos públicos de investigación y centros tecnológicos en bienes y servicios (Rodríguez, 2007). Precisamente, los nuevos instrumentos antes mencionados, la Ley de la Ciencia (Ley de la Ciencia, 2011) y la Estrategia Estatal de Innovación (E2I, 2011) se han diseñado para corregir esta situación, aunque en el corto y medio plazo las condiciones económicas serán el factor relevante que condicione el desarrollo del sistema de I+D+I (Correia, 2009).

EL CSIC, REFERENTE ESPAÑOL E IBEROMERICANO DE LA NANOTECNOLOGÍA

Esta sección analiza el papel que ha desempeñado la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el desarrollo de la nanotecnología en España. El CSIC (CSIC, 2012) es la mayor institución pública española dedicada a la investigación y la tercera de Europa tras el Max Planck de Alemania y el CNRS francés. En la actualidad, la Agencia Estatal CSIC está adscrita al Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO, 2012), a través de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación. Su misión fundamental es el fomento, la coordinación, el desarrollo y la difusión de la investigación científica y tecnológica de carácter pluridisciplinar, con el fin de contribuir al avance del conocimiento y al desarrollo económico, social y cultural, así como a la formación de personal especializado. Sobre el CSIC también recae la responsabilidad de gestionar un conjunto de importantes infraestructuras: buques oceanográficos, grandes telescopios, reservas biológicas, estaciones polares, centros de nanofabricación, museos, la mayor red de bibliotecas especializadas de España, etc. Merece la pena destacar que entre las funciones del CSIC se encuentran el asesoramiento de entidades públicas y privadas en cuestiones científico-técnicas, la transferencia de resultados al sector empresarial, la contribución a la creación de NEBTs, el fomento de la cultura científica de los ciudadanos y la representación científica de España en el ámbito internacional. Todos estos datos están disponibles en la página web del CSIC (CSIC, 2010).

El CSIC desempeña un papel central en la política científica y tecnológica, ya que abarca desde la investigación básica a la transferencia del conocimiento al sector productivo. Para alcanzar éxito en esta misión, el CSIC cuenta con más de 13,500 trabajadores (cifras de 2010), de los cuales un poco más de 4,400 son investigadores doctores (tanto permanentes como contratados) y otros 3,100 son investigadores en formación. Las actividades de investigación se desarrollan en 75 centros de investigación propios, 53 centros mixtos (creados mediante convenios con universidades y otras instituciones) y 5 grandes centros de servicios. Aunque los investigadores del CSIC sólo representan el 6% del personal dedicado a actividades de investigación y desarrollo en toda España, producen aproximadamente el 20% de la producción científica nacional, es decir casi el 0.7% de la producción científica mundial.

Una de las grandes ventajas competitivas del CSIC es su carácter multidisciplinar y multisectorial ya que cubre todos los campos del conocimiento. Los diferentes institutos y sus líneas temáticas se organizan en torno a ocho áreas científico-técnicas: (i) Humanidades y Ciencias Sociales, (ii) Biología y Biomedicina, (iii) Recursos Naturales, (iv) Ciencias Agrarias, (v) Ciencia y Tecnologías Físicas, (vi) Ciencia y Tecnología de Materiales, (vii) Ciencia y Tecnología de Alimentos, y (viii) Ciencia y Tecnologías Químicas. Precisamente este carácter multidisciplinar es clave para entender el gran desarrollo que la nanociencia y la nanotecnología han tenido en esta institución.

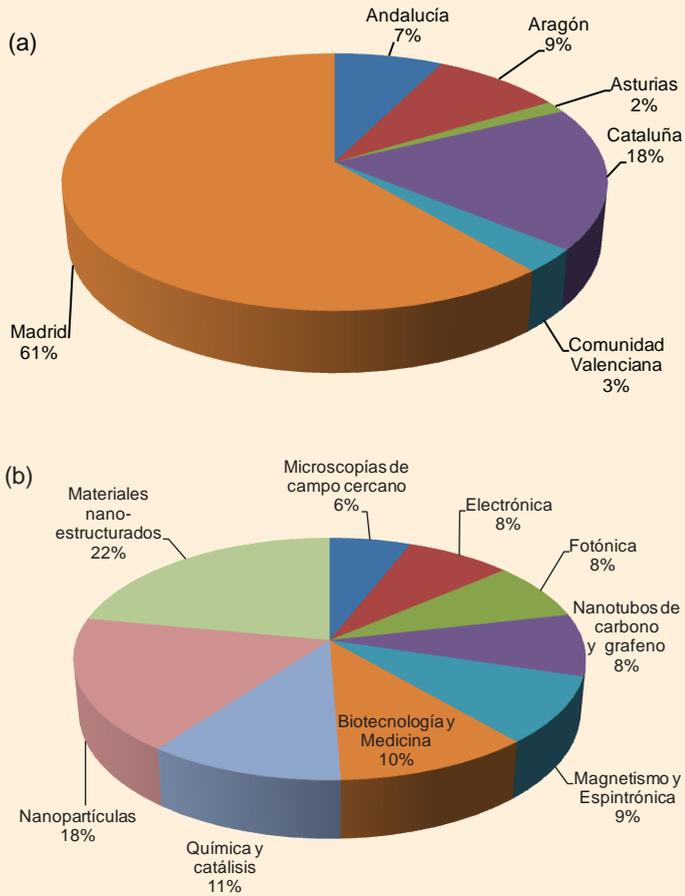
Se puede considerar que la historia de la nanotecnología en el CSIC arranca a principios de la década de los años 90 con el desarrollo de diversas iniciativas entre las que podemos destacar la puesta en marcha del Laboratorio de Física de Sistemas Pequeños y Nanotecnología (LFSPN, 2012). Posteriormente, siguiendo las directrices del Plan Nacional de I+D+I 2004-2007 (PNIDI, 2004), el CSIC implementó el Plan de Actuación Institucional del CSIC para el periodo 2006-2009 (CSIC, 2006A) que contenía un programa estratégico denominado Eje de Nanociencia y Nanotecnología (CSIC, 2006B), también denominado "Eje Nano". Este programa contemplaba una serie de

actuaciones que han permitido poner en marcha nuevos institutos, con las consiguientes dotaciones de infraestructuras, plazas, y proyectos internos de investigación. El Eje Nano contaba con la participación de investigadores pertenecientes a casi una treintena de institutos del CSIC, en los que se desarrollaban actividades de investigación que comprendían desde la síntesis y caracterización de nanomateriales y nanopartículas hasta su aplicación en estructuras o en el diseño de dispositivos electrónicos y sensores, pasando por las aplicaciones en nanomedicina. Hay que mencionar que el CSIC fue pionero en España en la incorporación de grupos de investigación interesados en el impacto social y la gobernanza de las nanotecnologías (Echeverría, 2005).

El potencial actual del CSIC en nanociencia y nanotecnología se pone de manifiesto en la participación de los grupos de esta institución en la Red NanoSpain. En la actualidad 67 de los 332 grupos que forman la red NanoSpain, es decir un poco más del 20%, pertenecen a algún instituto o centro del CSIC (NanoSpain, 2012; Serena, 2009B). Estos grupos se ubican en 24 institutos de investigación entre los que podemos destacar, por número de grupos e investigadores, los siguientes: el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP), el Instituto de Microelectrónica de Madrid (IMM), el Centro de Investigaciones en Nanociencia y Nanotecnología (CIN2), el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB), el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA) y el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB). Según los datos proporcionados por NanoSpain, los grupos “nano” del CSIC están ubicados mayoritariamente en Madrid y Barcelona, tal y como se muestra en la figura 1a. Esta concentración tiene su origen en dos factores: por un lado la herencia de una estructura bastante centralizada en la que el peso de los centros ubicados en Madrid era considerable y, por otro, la existencia de una aglomeración de centros dedicados a nanotecnología en el entorno del Campus de Excelencia Internacional CEI UAM+CSIC, formado mediante una alianza entre la Universidad Autónoma de Madrid, el CSIC, el Parque Científico de Madrid, el CIEMAT, el Centro IMDEA-Nanociencia de la Comunidad Autónoma de Madrid y varios ayuntamientos de la zona norte de Madrid (CEI, 2012). Esta concentración de institutos en Madrid, junto con otra formada en el entorno del Campus de la Universidad Autónoma de Barcelona y del Síncrotrón ALBA (ALBA, 2012) son, sin duda alguna, los dos grandes “polos nanotecnológicos” que el CSIC ha configurado a lo largo de la última década. Sin duda alguna, estos *clusters* científico-tecnológicos, ubicados en regiones con industrias de alta intensidad tecnológica, constituyen una gran apuesta del CSIC para competir con otras iniciativas similares que se han impulsado en otros países de Europa, EEUU, China o Japón.

En cuanto a las líneas de investigación que se desarrollan en el CSIC, se puede decir que son bastante similares a las que desarrollan, en su conjunto, el resto de grupos de investigación del resto de las universidades y centros tecnológicos de España. En la figura 1b se muestran las actividades temáticas en las que están involucrados los grupos del CSIC que son miembros de la red NanoSpain. Se constata que las áreas temáticas con más peso están relacionadas con la investigación en materiales nanoestructurados, nanopartículas, catalizadores, y materiales y dispositivos de utilidad en biotecnología y medicina. Por otra parte las investigaciones en nanomagnetismo, espintrónica, nanotubos de carbono, grafeno, y materiales y dispositivos de interés en fotónica y electrónica tienen un peso medio. Las actividades relacionadas con nanofabricación, instrumentación o metrología son las que poseen una menor representación.

FIGURA 1. (a) Distribución geográfica de los grupos del CSIC que actualmente son miembros de la red NanoSpain. (b) Distribución temática de las actividades de investigación en nanociencia y nanotecnología de dichos grupos, considerando que cada grupo de investigación puede definir al menos tres áreas de actividad. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Red NanoSpain (NanoSpain, 2012).



Si se comparan los datos de la figura 1b con los indicadores de la estructura de la industria española por ramas de actividad (MINETUR,2010) se observan ciertas analogías. Por ejemplo, el sector industrial de la fabricación de productos basados en materiales metálicos y no metálicos tiene un peso conjunto del 10.1%, el sector de la automoción, que también es un gran consumidor de materiales avanzados, tiene un peso del 9.81%, y la industria química (que incluye la actividad farmacéutica) tiene un peso del 9.63%. Estos sectores industriales coinciden razonablemente con las temáticas en las que los grupos del CSIC están desarrollando su actividad en el ámbito de la nanotecnología. Por otro lado, las industrias vinculadas con la electrónica y las tecnologías de las telecomunicaciones apenas tienen una contribución del 1.3% en el conjunto de la producción industrial española. Este menor peso también tiene re-

flejo en la menor proporción de los grupos del CSIC que mantienen actividad en estas temáticas. Por otro lado, estos indicadores de actividad industrial muestran que la industria de la alimentación y bebidas tiene un peso del 18.2% sobre el total de la producción industrial española. Este peso no se constata en la figura 1b, pero se debe tener en cuenta que el CSIC cuenta con un área de investigación relacionada con estos temas y que el impacto de la nanotecnología en estos sectores es aún incipiente. Con estos datos se constata que la actividad investigadora en el ámbito de la nanotecnología por parte de los grupos del CSIC debería tener cierto encaje temático en el tejido industrial español. Sin embargo, como se verá en las secciones siguientes este encaje no es lo suficientemente efectivo como para lograr una transferencia eficaz de la nanotecnología al sector productivo.

Ha quedado claro el papel del CSIC como elemento clave de la articulación del sistema de I+D+I español, pero no debemos olvidar que el CSIC, abierto a la colaboración con entidades extranjeras, también es una referencia en el contexto iberoamericano. En la actualidad el CSIC es la institución iberoamericana con mayor presencia en el SCI participando en 11.8% de la producción iberoamericana en nanotecnología (OEI, 2009). A su vez es la entidad que mantiene más colaboraciones con universidades y organismos iberoamericanos en el campo de la nanociencia y la nanotecnología (OEI, 2009). Como se analiza en las siguientes secciones, esta posición privilegiada también se pone de manifiesto en el ámbito de las patentes en nanotecnología, ya que en Iberoamérica el principal titular es el CSIC, superando en más de tres veces a la siguiente entidad (OEI, 2009).

LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN ESPAÑA

En el año 1980, la Ley de Patentes y Marcas de los EEUU sufrió profundas modificaciones, entre las que cabe destacar la enmienda promovida por los senadores B. Bayh y R. Dole (Mowery, 2002). Siguiendo la filosofía de estas modificaciones, tiene lugar en España la promulgación de la Ley de Patentes 11/1986, de 20 de marzo, que reconoce como invenciones laborales aquellas que surjan de los resultados de investigación de las universidades o centros públicos de investigación y, por tanto, reconoce a estas entidades como titulares de los derechos de propiedad industrial relacionados. Al mismo tiempo, la anteriormente mencionada “Ley de la Ciencia” de 1986 (Ley de la Ciencia, 1986) establece las colaboraciones de los centros públicos de investigación con el sector empresarial en el marco de las relaciones privadas y a precio de mercado.

Aprovechando el nuevo marco jurídico y la legislación que confería autonomía administrativa a las universidades, a finales de los ochenta se crean en España las primeras Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRIs) tanto en las universidades como en los Organismos Públicos de Investigación (OPIs), catalizadas por la Oficina de Transferencia de Tecnología de la Secretaría General del Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación, que se creó en 1989 (Represa-Sánchez, 2005). Aunque el marco de responsabilidades y actividades de las OTRIs ha sido amplio y ambicioso desde sus inicios, la mayor parte de las mismas concentraron, en una primera etapa, sus recursos en la gestión de proyectos de investigación —nacionales y europeos— mientras que la gestión de la protección de resultados de investigación y el asesoramiento y negociación de contratos de I+D+I se empieza a consolidar a fi-

nales de la década de 1990. Sin embargo, las acciones proactivas de promoción tecnológica de los resultados de investigación (patentes) y la atención directa de demanda tecnológica de empresas y las consiguientes negociaciones y firmas de contratos de licencia y de contratos de investigación de valorización asociados, como estrategia consolidada en una OTRI, son mucho más recientes.

En su conjunto, las universidades españolas y el CSIC, el OPI que más conocimiento genera, presentan una evolución positiva en los indicadores de transferencia de conocimiento a lo largo de las dos últimas décadas: número de solicitudes de patentes de prioridad y solicitudes internacionales PCT (Patent Cooperation Treaty), número e ingresos por contratos de investigación (el 11% de la investigación financiada en las universidades procede de la contratación con empresas e instituciones), contratos de licencia y creación de nuevas empresas de base tecnológica. Según datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), España ocupa la posición número 15 en cuanto a solicitudes de patentes PCT, con un total de 1725 patentes PCT en el año 2010, lo que representa un aumento del 12% con respecto del año 2009, a pesar de la actual crisis económica (WIPO, 2011A; WIPO, 2011B). Este número de patentes representó una cuota del 1.1% del total de patentes PCT. Sin embargo, la posición de España en el ranking internacional empeora considerablemente cuando se utilizan como indicadores el número de patentes normalizado por el número de habitantes o por producto interior bruto (PIB) (Altran, 2012).

Por otro lado, la transferencia de conocimiento mediante la licencia de patentes se ha incrementado en España en los últimos 5 años. Sin embargo, los indicadores españoles asociados a promoción tecnológica y licencias no están equilibrados con respecto a los asociados a la contratación de proyectos con empresas, por lo que van a precisar que las OTRIs españolas adquieran un tamaño medio mayor (en la actualidad muchas de ellas son de tamaño muy pequeño y realizan pocas actividades en este campo), una mayor profesionalización y una menor temporalidad de los recursos humanos, y una menor dependencia de recursos económicos externos. Esta actividad se deberá desarrollar en un contexto de reducción de recursos económicos, ya que el gasto en investigación, desarrollo e innovación tecnológica por parte de las empresas españolas ha caído en los últimos años tras una fase continuada de crecimiento durante el período 2000-2008. Los efectos negativos de la crisis también se han notado en la contratación de servicios o proyectos de I+D+I por parte de las empresas a universidades y OPIs (Red OTRI, 2010). Apenas un 2% de las empresas colaboran con universidades u organismos públicos de investigación y sólo un 10%, en el mejor de los casos, de las consideradas empresas innovadoras (INE, 2010). Una prueba de la falta de empresas interesadas en el desarrollo de actividades de I+D+I es la elevada proporción de patentes que en España proceden de entidades académicas públicas, el 10-15% del total de patentes, en comparación con otros países como, por ejemplo, EEUU donde éstas no representan más del 1-2%.

Toda esta situación se acentúa en el sector de la nanotecnología en España, donde operan muy pocas empresas, de pequeño tamaño y de muy reciente creación (Chacón, 2011; Phantoms, 2011B; Correia, 2012). Hasta el año 2005 las patentes españolas nanotecnológicas con solicitud en la Oficina Europea de Patentes (EPO; European Patent Office) (EPO, 2012) por parte de empresas representaban menos del 15% del total mientras que en Europa la media es el 66% y hay países como Holanda, Suecia, Austria, Alemania y Japón en los que las empresas poseen más del 75% de las patentes en nanotecnología (Palmberg, 2009).

PROCEDIMIENTOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CSIC

Para lograr parte de los objetivos encomendados al CSIC, las actividades tendentes a incrementar la transferencia de tecnología al sector productivo han ido adquiriendo un mayor protagonismo. En el año 1985, se puso en marcha la Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT) del CSIC, que en el año 2008 adquirió un mayor rango administrativo, pasándose a denominar Vicepresidencia Adjunta de Transferencia de Conocimiento (VATC). Éste es un claro indicador de la relevancia que esta actividad ha ido adquiriendo en el CSIC. La función principal de la VATC del CSIC es acercar las capacidades científicas y los logros tecnológicos del CSIC a todos los sectores socioeconómicos a escala nacional e internacional (empresas privadas o públicas, otros organismos públicos, fundaciones privadas y públicas, centros tecnológicos, etc.), con la finalidad de lograr que la investigación que realiza el CSIC se transforme en bienestar social, económico y cultural. Para ello pretende:

- Transferir los resultados de investigación y la tecnología desarrollada en el CSIC a la empresa privada para su explotación en el mercado.
- Transferir el conocimiento generado en el CSIC a la sociedad.
- Dar a conocer a las empresas e instituciones públicas los beneficios económicos que pueden derivarse de sus relaciones con los diversos centros e institutos del CSIC.
- Informar a los investigadores del CSIC de las necesidades que se detectan en las empresas y en las instituciones públicas.
- Impulsar la creación de Nuevas Empresas de Base Tecnológica (NEBTs) surgidas a partir del conocimiento generado en el CSIC.

Para poder afrontar estos retos con eficacia y eficiencia, la VATC, dispone actualmente de tres departamentos, bien sincronizados entre sí, con funciones bien diferenciadas:

- Departamento de Contratos y Calidad, encargado de la preparación y gestión de determinadas convocatorias públicas relacionadas con la transferencia de conocimiento, y la preparación de contratos de I+D y apoyo tecnológico entre grupos del CSIC y otras entidades. Este departamento también se ocupa de asegurar el cumplimiento de los compromisos de calidad en la VATC.
- Departamento de Protección de los Resultados cuyo objetivo fundamental es la protección, habitualmente mediante patente, de los resultados que tengan aplicación en el mercado obtenidos a partir de la actividad en I+D en los diferentes centros del CSIC.
- Departamento de Comercialización, donde se lleva a cabo la evaluación y promoción de dichos resultados protegidos, y la negociación con las empresas interesadas en los mismos para una correcta licencia de los derechos de explotación de la patente a la empresa asegurando así su posterior desarrollo y puesta en el mercado.

Hasta principios de 2012 la VATC disponía de un cuarto departamento, la Unidad de Apoyo a la Creación de Empresas (UACE), encargado de potenciar la creación de

nuevas empresas de base tecnológica (NEBTs) a partir de tecnologías del CSIC, bien como *spin-offs* de los centros o bien a través de iniciativas de emprendedores externos al CSIC que se vinculaban a las tecnologías del CSIC mediante los consiguientes contratos de licencia o contratos de desarrollo. Para mejorar la coordinación entre las actividades de promoción y licencia de tecnologías con la creación de EBTs, esta unidad ha desaparecido como tal y desde abril del 2012 el Departamento de Comercialización ha asumido sus tareas.

El procedimiento que utiliza el CSIC para proteger sus tecnologías se ha ido refinando con el tiempo, y ha sido fruto de una larga experiencia de interacción con las empresas de diferentes sectores, la implantación de políticas de gestión adaptadas de otras experiencias internacionales, el paulatino incremento del número de personas con alta cualificación que trabajan en la VATC y de su posterior capacitación complementaria. Dicho procedimiento de gestión de las solicitudes de patente está definido por los siguientes pasos:

- Detección del conocimiento generado en los centros del CSIC y evaluación sobre su posible aplicación industrial y protección mediante patente.
- Elaboración y presentación de la solicitud de patente española (solicitud prioritaria) en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM, 2012A).
- Promoción activa de la tecnología protegida por la solicitud de patente como oferta tecnológica entre empresas del sector industrial de aplicación. El interés mostrado por el sector productivo durante esta promoción se tiene en cuenta a la hora de decidir la extensión de los derechos de patente a otros países, mediante solicitud internacional PCT, antes del término del año de prioridad de la patente. La solicitud internacional PCT permite extender los derechos de explotación de la solicitud de patente en los más de 130 países firmantes del tratado PCT durante un periodo de tiempo que finaliza al cumplirse el mes 30 desde la fecha de solicitud de la patente española prioritaria.
- Una vez finalizado el periodo PCT, las patentes del CSIC entran en las fases nacionales y regionales en los casos en los que (i) la solicitud de patente está licenciada, o (ii) la tecnología es estratégica para la institución y se considera que su puesta en el mercado requiere de un periodo de tiempo más amplio que el proporcionando por la PCT.

La toma de decisiones relativas a la entrada en PCT o fases nacionales de las diferentes solicitudes de patente se realiza examinando y evaluando toda la información relativa a cada patente, incluyendo las muestras de interés de empresas, la existencia de documentos que pueden afectar a la concesión de la misma detectados a partir de las búsquedas realizadas en diversas oficinas de patentes, etc. Las decisiones se toman teniendo en cuenta la opinión del inventor, así como su conocimiento del sector de la técnica, y manteniendo siempre un contacto fluido con éste.

Todo este protocolo de actuación que se aplica sobre la selección de solicitudes de patentes para su posterior protección ha tenido un éxito notable. El CSIC es la primera entidad generadora de patentes nacionales (OEPM, 2012B) y, por otro lado, las bases de datos de la OMPI (WIPO, 2012), señalan que el primer solicitante español de solicitudes de patente PCT en el año 2010 es el CSIC en el puesto 122, con 126 solicitudes. La figura 2a muestra el número de solicitudes de patentes prioritarias registradas en la OEPM y las de tipo PCT presentadas por el CSIC entre 1999 y 2011, junto con

el número de patentes que en cada año entraron en fases nacionales o regionales en algún país. Se puede observar como el número de solicitudes de patente de prioridad del CSIC ha sufrido un aumento no lineal con el paso de los años, experimentando un fuerte crecimiento tanto en el periodo 1998-2002 como en los últimos cuatro años en los que se ha pasado de una media de 110-120 patentes/año a 170-180 patentes/año. Las solicitudes de patentes en año de prioridad y en el periodo PCT, junto con aquellas que se encuentran en fases nacionales y/o fase europea pero sin haberse licenciado, constituyen la “cartera de patentes” en comercialización del CSIC.

Además, con la intención de concentrar una mayor cantidad de recursos en la promoción de patentes en el sector productivo, la política de la VATC en los últimos años ha sido la de incrementar el personal altamente cualificado, preferiblemente doctores con experiencia en la empresa privada o en otras entidades como oficinas de patentes o en la Comisión Europea, concededores por lo tanto de las peculiaridades del mundo de la investigación y las del sector productivo. Con esta filosofía se lanzó el Programa JAE-TRANSFER, que permitió en 2010 la contratación de 16 doctores que se incorporaron a otros tantos centros del CSIC bajo la supervisión y coordinación del Departamento de Comercialización de la VATC con el fin de apoyar y gestionar la transferencia de tecnología de dichos centros lo que ha permitido reforzar con más de 25 técnicos de media en los últimos 2 años la ejecución de estas actividades.

Las actividades de promoción de las tecnologías del CSIC, que se han potenciado a través de Departamento de Comercialización de la VATC en estos últimos años, han sido, fundamentalmente:

- La participación en ferias tecnológicas nacionales e internacionales que permiten mostrar las tecnologías del CSIC a las empresas asistentes a las mismas, además de permitir conocer el estado de la técnica y nivel de desarrollo del sector industrial y de facilitar la promoción internacional de la institución.
- La actualización permanente de la página web de la VATC del CSIC (CSIC-Oferta, 2012), en la que se incluyen todas las ofertas tecnológicas procedentes de las patentes presentadas por el CSIC para proteger su actividad investigadora.
- La búsqueda proactiva de empresas en los sectores de posible aplicación de la tecnología usando bases de datos, páginas web de las propias empresas, de asociaciones empresariales, plataformas tecnológicas, etcétera.
- Uso de las herramientas proporcionadas por la red europea EEN, Enterprise Europe Network (EEN, 2012).

El papel de la red EEN debe ser destacado. Dicha red está financiada por la Comisión Europea, dentro del Programa Marco de Competitividad e Innovación (CIP), en el que participan los 27 países miembros de la Unión Europea, además de 15 países que no pertenecen a la UE, entre ellos México, Chile, Turquía, EE.UU, China, Japón, Rusia y Corea del Sur, que pueden participar en el mismo sin recibir financiación. Entre los objetivos de la red está el fomento de la transferencia de tecnología transnacional, entre dos o más países de la red, uniendo oferta y demanda tecnológica. En la red participan más de 500 instituciones a través de los nodos o consorcios existentes en todas las regiones europeas, y en los países no europeos que participan en la red. El CSIC es socio de la red a través de su nodo en Madrid, y utiliza tres de las herramientas de esta red para promocionar su oferta tecnológica en el extranjero:

- El sistema Business Boletín System (BBS), que es la base de datos de oferta y demanda tecnológica más importante del mundo, en la que las instituciones que conforman la red vuelcan toda la información sobre oferta y demanda tecnológica de instituciones o empresas de la región donde la institución está ubicada. El CSIC incluye su oferta tecnológica (tecnologías protegidas habitualmente mediante patentes) en esta base de datos, y realiza búsquedas de demandas tecnológicas que encajen con las mismas.
- La herramienta Automatic Matching Tool, que es un sistema de alerta ligada a la BBS, donde se recibe, semanalmente, un boletín con toda la oferta y demanda tecnológica promocionada durante esa semana en la red, así como noticias de interés en las áreas científicotecnológicas seleccionadas.
- Jornadas de transferencia de tecnología. Estas jornadas se suelen organizar ligadas a ferias, congresos u otro tipo de eventos internacionales y suelen durar uno o dos días. En estas jornadas se ponen en contacto ofertantes de tecnología (fundamentalmente Organismos Públicos de Investigación y universidades) y demandantes de tecnología (empresas), con el fin de que ambos puedan llegar a acuerdos de transferencia de tecnología.

El interés del Departamento de Comercialización de la VATC es establecer una relación de confianza con las diferentes empresas contactadas a través de estas iniciativas, de forma que establezca un intercambio de información entre la VATC y la empresa con una regularidad determinada. De este modo las empresas tienen acceso a las últimas tecnologías desarrolladas en el CSIC, y éste tiene la oportunidad de promocionar las mismas, así como de obtener información del sector productivo sobre las posibilidades de sus tecnologías en el mercado, lo que resulta de gran utilidad para tomar decisiones referentes al mantenimiento de solicitudes de patentes y a la propia orientación de los proyectos de investigación del CSIC.

La figura 2b muestra el número total de patentes y otro tipo de objetos protegidos que han sido licenciados por el CSIC en los últimos diez años. Esta figura permite constatar el éxito de las estrategias de comercialización desarrolladas en el CSIC. El número de patentes licenciadas por año oscila entre 15 y 70, con una media de 41 patentes licenciadas al año en los últimos 10 años. En particular se puede observar como en el año 2011 el número de patentes licenciadas aumentó en más de un 100% con respecto del año anterior. Este espectacular incremento es seguramente debido a la puesta en marcha del plan de promoción directa de las ofertas tecnológicas en el CSIC, así como al aumento de personal dedicado a estas actividades a través del Programa JAE-TRANSFER antes mencionado. Por lo tanto, en una primera aproximación se puede inferir que el factor más determinante para mejorar las cifras de patentes licenciadas está relacionado con la presencia de capital humano cualificado que el CSIC dedica a las tareas de promoción del conocimiento generado y protegido por la institución.

Para evaluar la influencia que tiene la promoción de las tecnologías en su posterior licencia, la figura 3 muestra el número de expresiones de interés (EoI) recibidas en los últimos 8 años a través del sistema BBS de la Enterprise Europe Network, y el número de patentes licenciadas por año. Se puede apreciar que las tareas de promoción realizadas en los últimos años se han traducido en un aumento del número de EoI recibidas y, a su vez, del número de patentes licenciadas. Estos datos muestran la relevancia que tiene la promoción activa de tecnologías en la transferencia de tecnología de centros públicos de investigación a empresas privadas.

FIGURA 2. (a) Número de solicitudes de patentes del CSIC desde el año 1999, indicando las patentes prioritarias (columna azul), las solicitudes internacionales PCT (columna roja) y las patentes que han entrado en fases nacionales y/o regionales (columna verde). (b) Evolución del número de objetos protegidos mediante patentes u otras formas de protección industrial (secretos industriales, materiales biológicos, etc) que fueron licenciadas por el CSIC durante los últimos 10 años.

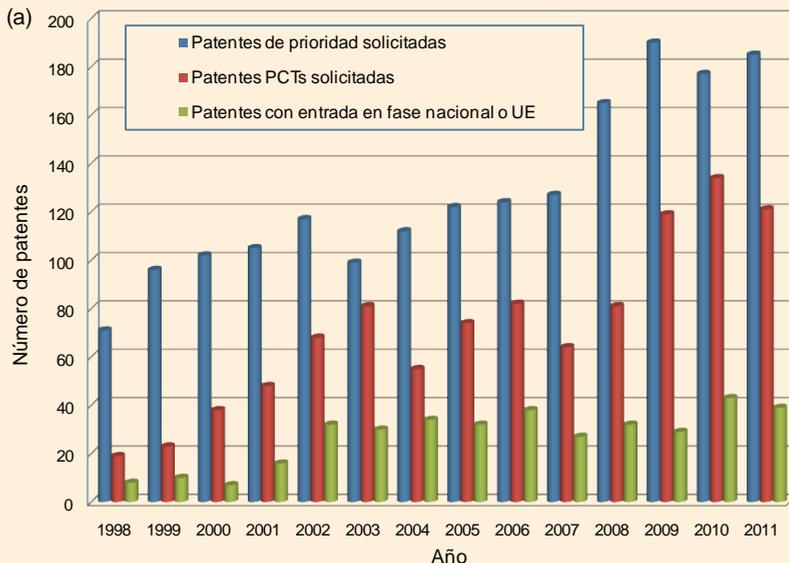
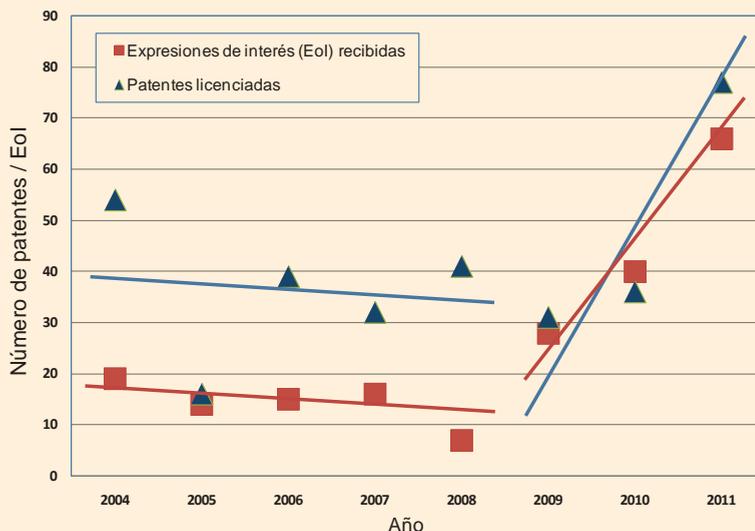


FIGURA 3. Evolución del número de expresiones de interés (Eoi) recibidas a través del sistema BBS de la Red Enterprise Europe Network (EEN) y de las patentes licenciadas por el CSIC en el periodo 2004-2011. Las líneas sirven para ilustrar las tendencias en los periodos 2004-2008 y 2009-2011.

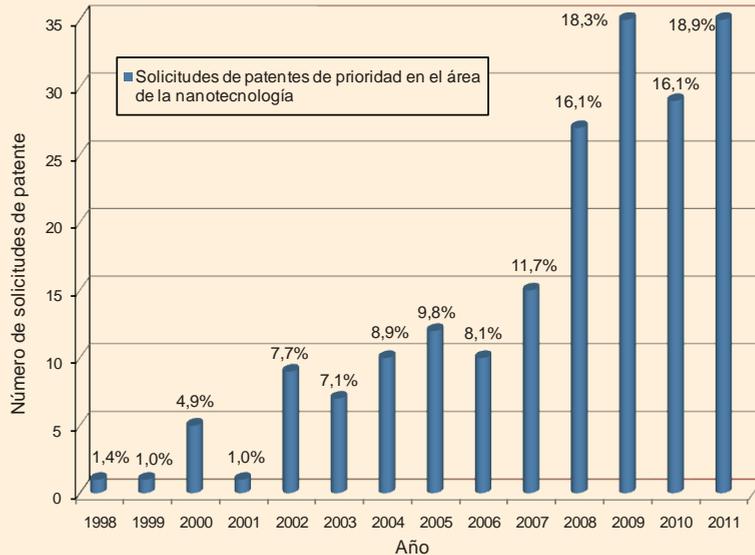


COMERCIALIZACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA DEL CSIC

El auge que ha tenido la nanotecnología en la última década se ha propagado a la actividad científica en el CSIC y, evidentemente, tiene reflejo en la cartera tecnológica de esta institución. Así, la figura 4 muestra el aumento del número de solicitudes de patentes de prioridad en nanotecnología en el CSIC en los últimos 14 años. Este crecimiento tiene dos componentes, por un lado una componente externa, propiciada por el aumento natural que ha experimentado el tópico emergente de la nanotecnología en el contexto mundial, pero por otro lado hay un factor interno, que es especialmente llamativo a partir del año 2008, fecha en la que la VACT puso en marcha las diversas actuaciones descritas en la sección anterior. Hay que recordar también que la nanotecnología es un campo multidisciplinar y precisamente la estructura interna del CSIC favorece las sinergias entre grupos de diferentes disciplinas.

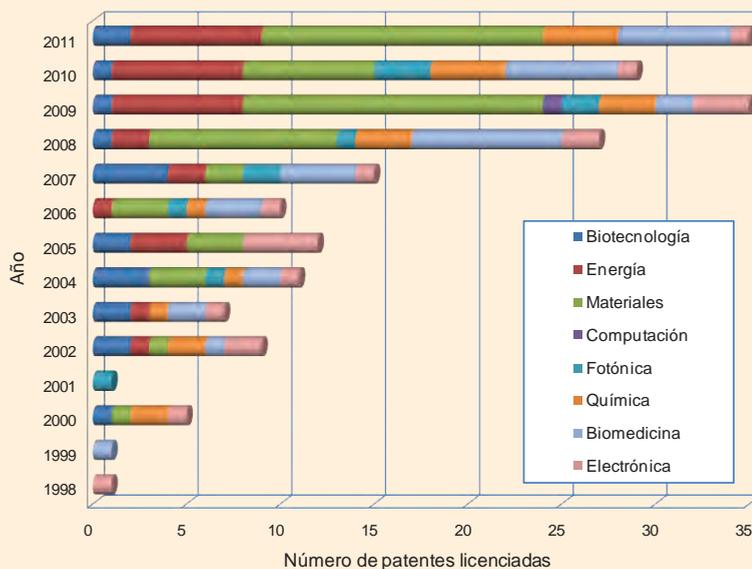
Es cierto que estas estrategias de valorización y comercialización se han aplicado a todos los sectores de conocimiento, por lo que se podría pensar que el aumento del número de solicitudes de patentes de nanotecnología en el CSIC es consecuencia del aumento del propio número total de solicitudes de patentes en el CSIC en los últimos años. Sin embargo, desde 2006 se comenzaron desde la VACT tareas de prospección y seguimiento de nuevos grupos de investigación del sector de materiales o ciencias físicas, tareas que se dirigieron especialmente también a grupos de investigación del sector “nano” a partir de 2008. En la figura 4 también se muestra que el porcentaje de solicitudes de patentes de nanotecnología con respecto al número total de solicitudes de patentes del CSIC ha ido aumentando con los años, pasando de ser menos del 2% a finales de los años noventa, a estar por encima del 16% en los últimos cuatro

FIGURA 4. Número de solicitudes de patentes de prioridad en el área de la nanotecnología presentadas por el CSIC entre los años 1998 y 2011. El número sobre cada columna indica el porcentaje de solicitudes de patentes de prioridad de nanotecnología con respecto al número total de solicitudes de patentes de prioridad presentadas por el CSIC ese año (dato mostrado en la columna azul de la Figura 2a).



años. Por tanto, cada vez se desarrollan más investigaciones en nanociencia y nanotecnología en el CSIC, que se traducen en un mayor peso de esta actividad en la cartera de tecnología de la institución. Además, hay que destacar que el éxito en el registro de patentes, su comercialización y su posterior licencia, tiene un efecto llamada para otros investigadores del CSIC, que realizan brillantes investigaciones en el tema, pero que inicialmente son reacios a iniciar una andadura que les puede suponer mucho esfuerzo y en la que tienen cierta desconfianza antes las pocas expectativas de éxito. Esta dinámica puede permitir que el número absoluto de las solicitudes de patentes y el de patentes licenciadas de nanotecnología del CSIC (y su peso relativo) sigan creciendo en los próximos años.

La figura 5 muestra las diferentes áreas de aplicación de las solicitudes de patentes de nanotecnología del CSIC. Se puede observar un aumento considerable del peso de las solicitudes de patente con aplicación en el área de los nuevos materiales y de la energía. Sin embargo, el número de patentes con aplicación en el área de biotecnología se ha mantenido constante y, por tanto, su peso en la cartera tecnológica de nanotecnologías del CSIC ha disminuido considerablemente a medida que ésta aumentaba. Otras aplicaciones como las del sector químico han mantenido su peso en la cartera tecnológica. Este gráfico ilustra el amplio abanico de aplicaciones de la nanotecnología que se constituye, de hecho, como un gran conjunto de herramientas y técnicas, de muy diversa procedencia, pero que tiene un carácter de elemento facilitador transversal en el que se van a apoyar otros desarrollos tecnológicos. De hecho, en el próximo Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea, denominado "Horizon 2020" (Horizon2020, 2012) la nanotecnología aparece como una de las seis

FIGURA 5. Clasificación, según el área de aplicación, de las solicitudes de patentes de prioridad del CSIC en nanotecnología presentadas entre los años 1998 y 2011.

Tecnologías Claves KET (*key enabling technologies*) que pueden asegurar el nivel de liderazgo de la industria europea.

En línea con el aumento del peso de la nanotecnología en la contribución tecnológica del CSIC, la promoción de la cartera de nanotecnología del CSIC se ha considerado estratégica dentro de la VATC del CSIC. De hecho, las principales herramientas de promoción desarrolladas en la VATC en los últimos años se han aplicado, con mayor estímulo y constancia, al sector “nano”, para posteriormente trasladarse a otras áreas tecnológicas como alimentación o energía. En el año 2008, el CSIC, a través de la VATC, decidió participar en las ferias de nanotecnología más importantes del mundo, y dirigir parte de su actividad de promoción hacia el mercado asiático, habida cuenta del enorme desarrollo que la nanotecnología ha tenido en los países del este asiático, y su gigantesco potencial de mercado. Desde entonces, el CSIC ha participado en un total de 10 ferias tecnológicas del sector de la nanotecnología en 7 países diferentes de Europa y Asia, todas ellas de reconocido prestigio internacional. En la tabla I, se muestran todos los datos sobre dichas participaciones, incluyendo el número de ofertas tecnológicas incluidas en el catálogo y el número de empresas con las que se establecieron entrevistas. La cartera tecnológica que se ha promocionado ha estado constituida por una media de 24 ofertas tecnológicas/feria en constante renovación (fluctuando entre 16 y 32 patentes). La cartera tecnológica del CSIC en nanotecnologías se ha nutrido de las patentes generadas en 21 centros de investigación del CSIC situados en Barcelona, Madrid, Oviedo, Sevilla, Valencia y Zaragoza.

Entre las ferias de nanotecnología en las que ha participado la VATC del CSIC cabe destacar la participación, durante cuatro años consecutivos (2009-2012), en

TABLA I. Participación del CSIC en ferias internacionales de nanotecnología (2009-2012)

Nombre de la feria o evento	Fecha	Lugar	Número de ofertas en el catálogo CSIC	Número de reuniones con empresas
Nano Tech 2009	18-20 febrero 2009	Tokio (Japón)	28	29
Euronanoforum 2009	2-5 junio 2009	Praga (República Checa)	16	15
Taiwan Nano Exhibition 2009	7-9 octubre 2009	Taipei (Taiwán)	20	10
Nano Tech 2010	17-19 febrero 2010	Tokio (Japón)	24	17
Micronano System Workshop 2010	4-5 mayo 2010	Estocolmo (Suecia)	18	11
Taiwan Nano Exhibition 2010	7-9 octubre 2010	Taipei (Taiwán)	29	7
Nano Tech 2011	16-18 febrero 2011	Tokio (Japón)	32	38
ImagineNano 2011	11-14 abril 2011	Bilbao (España)	29	31
Rusnanotech 2011	26-28 octubre 2011	Moscú (Rusia)	19	13
Nano Tech 2012	15-17 febrero 2012	Tokio (Japón)	27	25

la feria más importante del mundo “Nano Tech Tokyo” (Nanotech, 2012) que se celebra todos los años en el mes de febrero en Tokio (Japón). En estas ferias la VATC participó mediante un módulo expositivo dentro del Pabellón Español, cofinanciado por el Instituto de Comercio Exterior (ICEX) (ICEX, 2012) y coordinado por la Fundación Phantoms (Phantoms, 2012). Tal y como se puede observar en la tabla I, la VATC del CSIC también participó en la feria de nanotecnología de Taiwán, país en el que la nanotecnología ha experimentado un enorme crecimiento y que cuenta con una excelente planificación en cuanto a la formación de recursos humanos, transferencia de tecnología, creación de empresas, etc. La participación del CSIC en la feria Taiwan Nano Exhibition (TaiwanNano, 2012) se realizó tanto con un stand propio del CSIC en el año 2009 como dentro del Pabellón Español en el año 2010. También cabe destacar la participación del CSIC en la feria RusNanoTech celebrada en octubre del año 2011, aprovechando la celebración del Año Dual España-Rusia (Rusnanotech, 2011). Es importante mencionar que la participación en estas ferias implica un gran esfuerzo previo de contacto con cientos de potenciales clientes y la elaboración de materiales específicos de promoción para cada una de ellas. En la figura 6 se muestran algunos de estos materiales y una imagen de uno de los módulos expositivos del CSIC.

La participación del CSIC en estas ferias dio lugar a un total de 196 reuniones con empresas, y el inicio de negociaciones, tanto para el desarrollo conjunto de proyectos de I+D para acercar las tecnologías al mercado como de licencia de las patentes ofertadas. Otro aspecto que debe resaltarse es que la participación en estas ferias originó contactos entre la VATC y grupos de investigación de diferentes institutos del CSIC que trabajan en nanotecnología. De esta forma, todo este trabajo de promoción a nivel

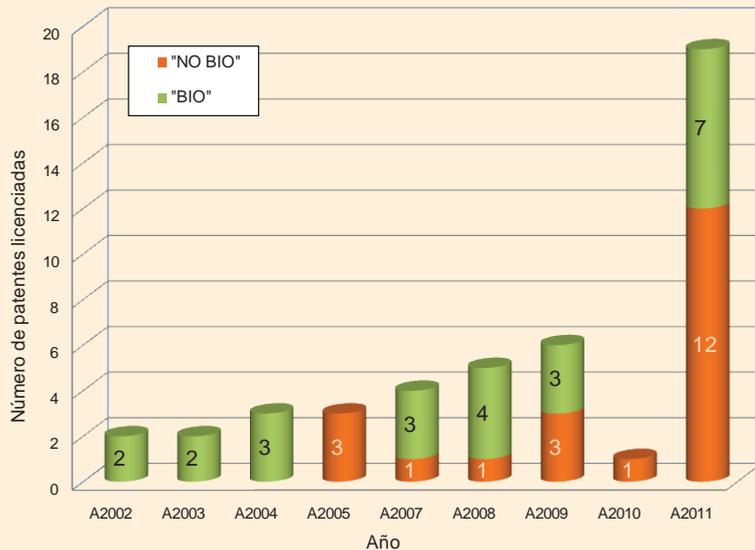
FIGURA 6. (a) Cartel publicitario y (b) ejemplo de una ficha tecnológica elaborados para la participación del CSIC en la Feria NanoTech celebrada en Tokio (Japón). (c) Imagen de una reunión celebrada en dicha feria internacional entre representantes de la VATC del CSIC y un representante de una empresa japonesa.



internacional realizado por la VATC del CSIC contribuyó a despertar el interés de los propios investigadores del CSIC en desarrollar y proteger sus invenciones en nanotecnología y, por tanto, ha posibilitado el alto número de solicitudes de patentes del CSIC y la consolidación de una cartera en nanotecnologías en los últimos 4 años con un alto grado de extensión internacional.

La figura 7 muestra el número de patentes licenciadas en el CSIC desde el año 2002 (obsérvese que no existen licencias de patentes del CSIC en nanotecnologías antes de dicho año). Se puede observar un aumento progresivo del número de licencias de patentes de nanotecnología del CSIC hasta el año 2010, en el que hay un descenso considerable y, posteriormente, en el 2011 un aumento muy significativo. El descenso ocurrido en el año 2010 es consecuencia, posiblemente, de la dedicación por parte del personal de la VATC a la formación de los técnicos contratados ese año mediante el programa JAE-TRANSFER hasta que se incorporaron a los diferentes institutos o centros. Sin embargo, al año siguiente, con toda esta plantilla ya formada y los esfuerzos en comercialización que se estaban llevando a cabo, se alcanzó el número de 19 patentes licenciadas en el área de la nanotecnología. Este número de licencias alcanzado hubiera sido impensable años atrás. Estas licencias de patentes se firmaron con empresas de Alemania, España, Suecia, Francia, EEUU y Reino Unido, y han aportado al CSIC retornos directos en forma de *down-payment* y aseguran un porcentaje de los futuros ingresos por ventas netas de los productos protegidos mediante esas patentes.

FIGURA 7. Solicitudes de patentes de prioridad en nanotecnología que han sido licenciadas por el CSIC durante el periodo 2002-2011. Las patentes han sido clasificadas por su sector de desarrollo en dos grupos, por un lado biotecnología y salud (etiqueta "BIO") y por otro las que corresponden a aplicaciones de la nanotecnología en sectores no relacionados con biotecnología o salud (etiqueta "NO BIO").



CONCLUSIONES

En estos momentos no hay ninguna duda sobre el fuerte impacto que la nanotecnología va a tener en diversos sectores económicos en los próximos años. La primera década del siglo XXI ha sido testigo del salto desde la nanociencia hasta la nanotecnología, que se ha comenzado a implementar en productos que encontramos cada vez con más frecuencia en el mercado. Esta transición ha sido posible gracias a la puesta en marcha de distintas estrategias que han requerido una ingente cantidad de recursos. EEUU, China, Japón, y Alemania son los países que están liderando esta "nano-revolución", aunque prácticamente todos los países que realizan actividades de I+D han seguido su estela, asumiendo que la nanotecnología es un elemento estratégico del desarrollo tecnológico que tendrá lugar en el siglo XXI.

Se ha pasado de un contexto en el que las publicaciones eran el producto más evidente de la nanociencia a otro, marcado por la imperiosa necesidad de convertir todo ese conocimiento, que sigue creciendo a buen ritmo, en bienes, productos y servicios. En los últimos años se ha asistido a un espectacular crecimiento del número de patentes en nanotecnología, la aparición de cientos de empresas de base nanotecnológica y la irrupción de miles de "nanoproductos" en los mercados. Estos indicadores, vinculados a la transferencia de la nanotecnología hacia los sectores productivos, se sustentan en la actividad desarrollada en los países más avanzados y aquellos con economías emergentes. Sin embargo, los países con menos tradición o capacidad industrial corren el riesgo de no posicionarse bien en el mercado internacional de las aplicaciones de la nanotecnología.

España está en una situación intermedia en el concierto internacional, de forma que, tras haber encontrado un hueco entre las naciones que consideran que la investigación es un tema de capital importancia y haber conseguido una cuota razonable de participación en la producción científica internacional, no ha encontrado aún la manera efectiva de convertir el conocimiento que genera a través de actividades de I+D en el soporte necesario para promover una poderosa industria competitiva a nivel internacional. Se puede afirmar que, en general, se ha desarrollado una legislación adecuada, y se han llevado a cabo unas políticas razonables de financiación de la I+D, promoviendo la actividad investigadora tanto en centros de investigación como en la industria, y constituyendo diferentes estructuras de interfaz entre el entorno académico y el productivo, como son las oficinas especializadas en transferencia de tecnología, los parques científicos y tecnológicos, etc. Sin embargo, no parece que todas estas actuaciones hayan sido suficientes para impulsar la innovación en la industria española sobre la base del conocimiento generado por el sistema nacional de investigación y desarrollo. Este contexto del sistema ciencia–tecnología–sociedad es en el que la nanotecnología ha aparecido en España, con su virtudes y sus defectos. Entre las virtudes podemos destacar una buena producción científica con un impacto razonable y una buena consideración de muchos investigadores españoles en el contexto mundial. Entre los defectos podemos mencionar una cierta descoordinación entre los agentes y la ya mencionada ausencia de una transferencia efectiva de conocimiento hacia el sector productivo.

En general, la situación del CSIC, mayor organismo público de investigación de este país, es similar a la que presenta el conjunto del sistema público de investigación. Sin embargo, en lo referente a la transferencia del conocimiento, el CSIC ha puesto en marcha, desde hace 5 años, una estrategia que pretende no sólo incentivar las solicitudes de patentes, sino lograr que estas tengan un éxito real, transfiriéndolas al sector productivo, tanto nacional (preferentemente) como extranjero. Esta estrategia se ha ido mejorando en función de la experiencia y tiene como principal objetivo reforzar las actividades destinadas a la comercialización de las patentes mediante el uso de diferentes herramientas de gestión, la participación en redes internacionales, y la interacción con empresas en las ferias tecnológicas más importantes. Los programas de contratación y formación de expertos en transferencia han sido clave para incentivar en los centros la transformación del conocimiento en patentes, y para proyectar estas patentes en el sector productivo nacional e internacional. En el caso de la nanotecnología, la estrategia del CSIC ha resultado especialmente exitosa, tanto en número de patentes presentadas como en número de patentes licenciadas.

El entorno económico y presupuestario se ha ensombrecido en estos últimos años, y es muy probable que algunas de las iniciativas y programas que se habían puesto en marcha para fomentar la transferencia de tecnología no puedan sostenerse por falta de recursos. En este contexto será complicado que los datos exitosos que hemos mostrado en las figuras anteriores se mantengan. Sin embargo se deben buscar soluciones para evitar que esto suceda y seguir potenciando una de las funciones fundamentales del CSIC: transferir el conocimiento generado y las tecnologías desarrolladas mediante financiación pública al mercado para solucionar problemas concretos y mejorar el nivel de vida de los ciudadanos, así como para potenciar el tejido industrial y crear nuevas empresas y puestos de trabajo de calidad, asegurando así un retorno económico del dinero público invertido en investigación y desarrollo. El ejemplo que se ha expuesto aplicado a la nanotecnología en el CSIC muestra que se

pueden lograr muy buenos resultados en transferencia de tecnología, siempre que se tengan los medios apropiados y éstos se organicen adecuadamente.

Los autores desean que este trabajo, que relata de manera somera la situación de la nanotecnología y su transferencia en España en general, y en el CSIC en particular, sirva de fuente de inspiración para promover modelos similares, adaptados o mejorados, en otras oficinas o departamentos de centros de investigación dedicados a la promoción de la transferencia de la nanotecnología.

AGRADECIMIENTOS

Quisieramos agradecer a los responsables y a todo el personal de la VATC el esfuerzo y dedicación realizado durante todos estos años. También debemos destacar que la colaboración de muchos investigadores del CSIC en las actividades de transferencia y comercialización ha contribuido a alcanzar con éxito los resultados aquí presentados. Asimismo, agradecemos a la Comisión Europea la financiación que ha recibido el CSIC dentro de la red Enterprise Europe Network, contribuyendo así a promocionar la cartera tecnológica del CSIC en Europa, y facilitando la transferencia de tecnología transaccional. P.A. Serena quiere agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad el apoyo a través del proyecto ACI2010-1134 "Promoción de la cooperación en Nanotecnología con Rusia, Australia y Asia (NANORAA)" y a la Red NANODYF del Programa CYTED.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBA. (2012). Laboratorio de Luz de Sincrotrón (ALBA). En: <<http://www.cells.es/>>.
- Altran. (2012). *Índice Altran de Potencial Innovador 2102. Subíndice 7. Patentes e Innovación en la Unión Europea*. En: <http://www.altran.es/fileadmin/medias/ES.altran.es/documents/Indice_Innovacion/Subindices/Subindice_Innovacion7.pdf> .
- CEI. (2012). Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC. En: <<http://campusexcelenciauam.es/>>.
- Chacón, C., Esteveao, V., Narros, C., Correia, A., Serena, P.A. (2011). *Nanotechnology in Spain: Current situation and future challenges*, *Convertech & E-Print*, 1(6): 26-32.
- Científica. 2011. *Global funding of nanotechnologies & its impact. July 2011*. Científica Ltd. En: <<http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf>>.
- Comisión Europea. (2004). *Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías*, Comisión Europea COM (2004) 338. En: <http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nano_com_es.pdf>.
- Comisión Europea. (2005). *Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond*, Comisión Europea, Bruselas. En: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_funding_data_08122005.pdf>.
- Correia, A., Sáenz, J.J., Serena, P.A. (2006). *El lento despertar de la nanotecnología en España*, *Revista Sistema Madri+d* 15 (abril 2006): 3-7. En: <<http://www.madrimasd.org/revista/revista35/editorial/editorial.asp>>.

- Correia, A., Serena, P.A. (2009). *2010-2020: ¿la década del despegue de la nanotecnología española?* Física y Sociedad 20: 36-39. En: <http://www.cofis.es/pdf/fys/fys20/fys20_36-39.pdf>.
- Correia, A., Serena, P.A. (2012). *Nanotechnology in Spain: from basic science to the market*, Asociación Arabinnova. En: <http://hercules.learningclass.com/author/portal/links/73792_LINK_Pedro%20Serena-borrador.pdf>.
- CSIC. (2006A). *Plan de Actuación Institucional del CSIC 2006-2009*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En: <<http://www.csic.es/web/guest/plan-de-actuacion-2006-2009>>.
- CSIC. (2006B). Eje de Nanociencia y Nanotecnología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En: <<http://www.nanored.org.mx/documentos/EjeNano.pdf>>.
- CSIC. (2010). *El CSIC en cifras*, Consejo Superior de Investigaciones Científica. En: <http://newsletters.baetica.es/CSIC/CSIC_DATOS_2010/CSIC_Datos2010.html>.
- CSIC. (2012). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En: <<http://www.csic.es>>.
- CSIC-Oferta. (2012). Página web con la oferta tecnológica del CSIC actualizada y presentada por sectores de aplicación. En: <<http://www.csic.es/web/guest/oferta-tecnologica>>.
- Dang, Y., Zhang, Y., Fan, L., Chen, H., Roco, M.C. (2010). *Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991 to 2008*, J. Nanopart Res. 12: 687-706.
- Delgado, G. C. (2008). *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*, Ceich, UNAM, México.
- Delgado, G. C. (2009). *Economía Política de la Nanotecnología*, Mundo Nano 1(1): 87-94.
- E2I. (2011). *Estrategia Estatal de Innovación*, Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO). En: <http://www.cdti.es/recursos/publicaciones/archivos/33083_57572010144235.pdf>.
- Echeverría, J. (2005). *Gobernanza de las nanotecnologías*, Arbor, 181, núm. 715: 301-315. (doi:10.3989/arbor.2005.i715.414).
- EEN. (2012). Enterprise European Network. En: <http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/index_en.htm>.
- EPO. (2011). *Nanotechnology and Patents*, European Patent Office. En: <<http://www.epo.org/service-support/publications/issues/nanotechnology.html>>.
- EPO. (2012). European Patent Office. En: <<http://www.epo.org/>>.
- Horizon2020. (2012). En: <http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index_en.cfm>.
- Hullmann, A. (2006). *Who is winning the global nanorace?*, Nature Nanotech. 1: 81-83.
- Hwang, D. (2010). *Ranking the nations on nanotech*, Lux Reseach. En: <<http://www.electroiq.com/articles/stm/2010/08/ranking-the-nations.html>>.
- ICEX. (2012). Instituto Español de Comercio Exterior. En: <<http://www.icex.es>>.
- ICONO. (2012). *Indicadores del Observatorio Español de I+D+I para la Competitividad (ICONO)*, Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT). En: <<http://icono.fecyt.es/indicadores/Paginas/default.aspx?ind=1>>.
- INE. (2010). *Encuesta sobre la Innovación en las empresas*, realizada por el Instituto Nacional de Estadística. La información está disponible en: <<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?L=0&type=pcaxis&path=%2Ft14/p061&file=inebase>>.
- Ingenio. (2010). Programa Ingenio 2010. En: <<http://www.ingenio2010.es>>.
- INIC. (2012). *Statistical Report of Production of Nanoscience in Iran*, Iran Nanotechnology Initiative Council. En: <<http://en.nano.ir/index.php/main/page/17>>.

- INL. (2012). International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL). En: <<http://www.inl.int>>.
- ISE. (2009). *ISE Nanotechnology Index*, International Securities Exchange. En: <http://www.ise.com/assets/documents/OptionsExchange/index_reports/TNY_IMG.PDF>.
- Kleike, J.W. (ed.). (2009). *National Nanotechnology Initiative: Assessment and Recommendations*, Nova Science Pub. Inc., Nueva York.
- Ley de la Ciencia. (1986). *Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica*, Boletín Oficial del Estado Español 93, pp. 13767-13771. En: <<http://www.boe.es/boe/dias/1986/04/18/pdfs/A13767-13771.pdf>>.
- Ley de la Ciencia. (2011). *Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*, Boletín Oficial del Estado Español 131: 54387-54455. En: <<http://www.boe.es/boe/dias/2011/06/02/pdfs/BOE-A-2011-9617.pdf>>.
- LFSPN. (2012). Laboratorio de Física de Sistemas Pequeños y Nanotecnología. En: <<http://www.fsp.csic.es/>>.
- Lindsay, S. (2009). *Introduction to Nanoscience*, Oxford University Press.
- López, M.S., Hasmy, A., Vessuri, H. (2011). *Nanoscience and nanotechnology in Venezuela*, J. Nanopart. Res. 13: 3101-3106.
- Meri, T. (2009). *China passes the EU in High-Tech exports*, Eurostat Statistics in Focus 25: 1-8. En: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-09-025/EN/KS-SF-09-025-EN.PDF>.
- Merrill Lynch. (2004). *Merrill Lynch Nanotech Index*, Merrill Lynch. En: <<http://www.ml.com/media/42322.pdf>>.
- MINECO. (2012). Ministerio de Economía y Competitividad. En: <<http://www.mineco.gob.es/stfls/mineco/investigacion.html>>.
- MINETUR. (2010). *Estructura de la Industria por Ramas de Actividad 2010*, Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). En: <http://www.minetur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/III.%20Industria/III_10.pdf>.
- Mowerya, D. C., Ziedonisb, A. A. (2002). *Academic patent quality and quantity before and after the Bayh-Dole act in the United States*, Research Policy 31: 399-418.
- NanoSpain. (2012). Red Española de Nanotecnología. En: <<http://www.nanospain.org>>.
- Nanotech. (2012). Nano Tech International Nanotechnology Exhibition & Conference, En: <<http://www.nanotechexpo.jp/en/>>.
- NNI. (2012). National Nanotechnology Initiative. En: <<http://www.nano.gov/>>.
- Noyons, E.C.M., Buter, R.K., van Raan, A.F.J., Schmoch, U., Heinze, T., Hinze, S., Rangnow, R. (2003). *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe Nanoscience and Nanotechnology*, informe del proyecto EC-PPN CT-2002-0001 a la Comisión Europea. En: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/mapex_nano.pdf>.
- OEI. (2009). *La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias*, Organización de Estados Iberoamericanos. En: <<http://www.oei.es/salactsi/nano.pdf>>.
- OEPM. (2012A). Oficina Española de Patentes y Marcas. En: <<http://www.oepm.es/es/index.html>>.
- OEPM. (2012B). *Memoria de Actividades 2011. Propiedad Industrial y Empresa*, Oficina Española de Patentes y Marcas. En: <http://www.oepm.es/es/sobre_oepm/actividades_estadisticas/memorias_actividades/index.html>.

- OPTI. (2008). *Aplicaciones Industriales de las Nanotecnologías en España en el Horizonte 2020*, Fundación OPTI y Fundación INASMET-TECNALIA, En: <<http://www.navarra-innova.com/pdf/2009/nanoindustrial2020OPTI.pdf>>.
- Pagliaro, M. (2010). *Nano-Age: How Nanotechnology Changes our Future*, Wiley-VCH.
- Palmberg, C., Dernis, H., Miguet, C. (2009). *Nanotechnology: an overview based on indicators and statistics. STI working paper 2009/7. Statistical Analysis of Science, Technology and Industry*, editado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En: <<http://www.oecd.org/dataoecd/59/9/43179651.pdf>>.
- Phantoms. (2011A). *Nanoscience and nanotechnology in Spain*, editado por la Fundación Phantoms. En <http://issuu.com/phantoms_foundation/docs/libro_nanociencia_1-12_con_portadas>.
- Phantoms. (2011B). *Catalogue of Nanoscience & Nanotechnology Companies in Spain*, Phantoms Foundation. En: <http://www.phantomsnet.net/Resources/Catalogue_Companies.pdf>.
- Phantoms. (2012). Fundación Phantoms. En: <<http://www.phantomsnet.net>>.
- PNIDI. (2004). *Plan Nacional de I+D+i 2004-2007*. En: <http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan_Nacional_Vol_IDoc.pdf>.
- PNIDI. (2008). *Plan Nacional de I+D+i 2008-2011*. En: <http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/PLAN_NACIONAL_CONSEJO_DE_MINISTROS.pdf>.
- Red OTRI. (2010). *Informe de la Encuesta de Investigación y Transferencia de Conocimiento 2010 de las Universidades Españolas*, Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (RedOTRI) dependiente de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE). En: <<http://www.redotriuniversidades.net>> (sección Biblioteca).
- Represa-Sánchez, D., Castro-Martínez, E., Fernández de Lucio, I. (2005). *Encouraging Protection of Public Research Results in Spain*, Journal of Intellectual Property Rights 10: 382-388. En: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/9772/1/AR16_2_IPR-267.pdf>.
- Roco, M.C., Bainbridge, W.S. (eds.). (2001). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, Kluwer Press, Boston (EE.UU.) y Dordrecht (Holanda).
- Rodríguez, J., Casani, F. (2007). *La transferencia de tecnología en España. Diagnóstico y perspectivas*, Economía Industrial 366, pp. 15-22. En: <<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/366/15.pdf>>.
- RusNanoTech. (2011). Exhibición internacional Rusnanotech Expo 2011. En: <<http://www.rusnanoforum.ru/eng/>>.
- Serena, P.A. (2009A). *The implementation of the Action Plan for Nanosciences and Nanotechnologies in Spain (2005-2007)*, E-Nano Newsletter (Editada por la Fundación Phantoms) 15, 14 (2009). En: <http://www.phantomsnet.net/Foundation/Enano_newsletter15.php>.
- Serena, P.A. (2009B). *La implantación de la nanotecnología en España: muchas luces y alguna sombra*, Mundo-Nano 2 (2): 74-90. En: <<http://www.mundonano.unam.mx/pdfs/mundonano3.pdf>>.
- TaiwanNano. (2012). Taiwan Nano Exhibition. En: <<http://nano.tca.org.tw/index.php?lang=e>>.

- Thomson Reuters. 2012. *Science Citations Index* es un producto de Thomson Reuters. En: <http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/science_citation_index/>.
- WIPO. (2011A). *International Patent Filings Recover in 2010*, World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2011/article_0004.html>.
- WIPO. (2011B). *PCT. The international Patent System Yearly Review. Developments and performance in 2010*, World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/pct/en/activity/pct_2010.pdf>.
- WIPO. 2012. *Principales solicitantes PCT*, World Intellectual Property Organization. En: <www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/pct/xls/y_top_applicants.xls>.

Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina

HOMERO F. PASTRANA*, ALBA ÁVILA**,
GERMÁN MORENO***

RESUMEN: El presente documento realiza una revisión del estado de las patentes en nanotecnología en las tres principales oficinas de patentes del mundo: USPTO, EPO, WIPO; evidenciando su comportamiento y los países más activos desde el año 1976 hasta el primer semestre de 2012. Se identifican también las patentes en nanotecnología generada desde Argentina, Brasil Chile y Colombia, con las interacciones de estas naciones entre sí y el efecto de la participación de la academia en la generación de dichas patentes.

Finalmente, se describe el proceso de solicitud de patentes en uno de los países miembros del tratado de cooperación en patentes PCT y resultados exitosos de empresas que trabajan en nanotecnología en la región.

IMPORTANCIA DE SU DIVULGACIÓN

Los resultados de la investigación aplicada llegan a su culminación al obtenerse patentes por el desarrollo. Resulta relevante en la región crear conciencia de la importancia en la generación de desarrollos patentables para los gobiernos, academia e investigadores. Creando ambientes favorables donde interacciones en conjunto con la industria.

INTRODUCCIÓN

Las patentes son indicadores del desarrollo de una sociedad al llevar a aplicación sus trabajos en investigación. Al mismo tiempo, permiten medir los resultados para la incorporación de nuevas tecnologías en la sociedad. En el caso de la nanotecnología, ésta ha dado auge a un sinnúmero de potenciales ideas innovadoras, los reportes en que se describen sus ventajas son comúnmente conocidos. Sin embargo, la transición de innovación a propiedad sobre ella no ha avanzado en la misma proporción (WIPO, 2012b).

Para que las actividades de investigación culminen en patentes es fundamental que los productos del desarrollo tengan la capacidad de beneficiar a la sociedad a

* Estudiante Doctoral. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de Los Andes. Cra1 N° 18A-12 Bogotá, (Colombia) Tels: +571 3394949 Ext 2828 Fax: +571 3394999. hf.pastrana122@uniandes.edu.co

** Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de Los Andes. Cra 1 N° 18A-12 Bogotá, (Colombia) Tels: +571 3394949 Ext 2828 Fax: +571 3394999. a-avila@uniandes.edu.co

*** Gerente General, Kemtek®. Cra.13a # 86a – 54, Bogotá D.C. (Colombia). Phx: +571 6168122 info@kemtek.com

través de su utilización. Las patentes se utilizan como medida de protección y compensación al inventor, proporcionándole un mercado monopolizado en un territorio durante un periodo de tiempo, usualmente de 20 años(SIC, 2011). Los primeros datos de patentes datan de la época del renacimiento en Europa; cuando a John of Utynamse otorgó en el Reino Unido una patente por un proceso de fabricación de vidrios. Para finales del siglo XVIII, la concepción de patente aparece ampliamente difundida y a comienzos del siglo XX, EEUU y Europa poseían el 97% de las patentes en el mundo. Tan solo 75 años después, las multinacionales japonesas lograron obtener una posición dominante en la oficina de patentes de la nación norteamericana (USPTO) (Macleod, 2006). Las Oficinas de Patentes y Propiedad Intelectual dan un gran paso hacia la armonización en el año de 1980 al establecerse la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (WIPO) ligada a la Oficina Europea de Patentes (EPO). La USPTO, en el año de 1995, actualiza su regulación de patentes alineándose con el sistema de patentes de otros países(Reuters, 2012). Finalmente, para el año 2013, se espera el lanzamiento de la Clasificación de Patentes Cooperativa (CPC) con lo cual se pretende que la USPTO y la EPO usen el mismo sistema de clasificación de patentes(USPTO, 2011). Desde el año 2004, las oficinas de patentes y propiedad intelectual han establecido una clasificación específica para las innovaciones en nanotecnología, contando a la fecha de este artículo con más de 130 mil patentes identificadas en esta clasificación (EPO, 2012).

En general, los temas de propiedad y derechos sobre la innovación no son de común conocimiento entre los estudiantes, inventores, investigadores y administradores. ¿Sería importante entonces que quienes participan en actividades de innovación tengan el conocimiento base de propiedad intelectual y proveerlo como parte de la plataforma de entes educativos y de investigación? ¿Qué tan oportuno resulta conocerlo hasta el final del desarrollo? El presente documento recorre el estado actual de las patentes otorgadas en este campo en las principales economías globales (EEUU, Europa y Japón) y hace especial énfasis en las actividades desarrolladas en Latinoamérica (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México).

¿QUÉ ES UNA PATENTE Y CUÁL ES SU RELACIÓN CON NANOTECNOLOGÍA?

El uso del término “patentes” es común en la investigación, ¿pero, realmente se conoce cual es su significado y lo que implica? Existen diversas definiciones con variaciones sutiles para definir patente, dependiendo de la oficina de patentes. Sin embargo, la más utilizada es la de WIPO y se menciona a continuación:

Una patente es un derecho exclusivo concedido a una **invención**, es decir, un **producto** o **procedimiento** que aporta, en general, una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema. Para que sea patentable, la invención debe satisfacer determinados requisitos que definen las oficinas de patentes.(WIPO, 2012a)

Las patentes son un subgrupo de la propiedad industrial que, a su vez, hace parte de lo que se conoce como propiedad intelectual. La gráfica 1 muestra los diferentes niveles para cada uno de los tipos de propiedad intelectual. Las patentes de este modo están divididas en dos grandes grupos: patentes de invención y patentes de modelos de utilidad. Las primeras requieren tres condiciones para que sea otorgada: no-

GRÁFICA 1. Jerarquía de la propiedad intelectual. Que se encuentra a cargo las Oficinas de Patentes y Propiedad Intelectual. Las patentes pertenecen al subgrupo de Propiedad Industrial.



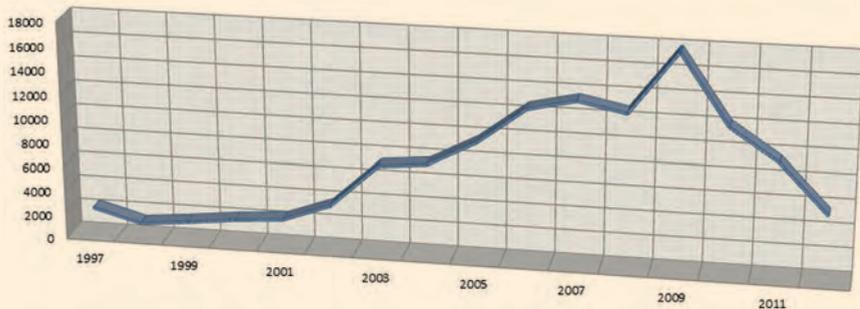
vedad, inventiva e industrializable, estas patentes tienen un periodo de protección de 20 años. Las segundas sólo brindan 10 años y deben cumplir dos condiciones: novedad e industrialización (SIC, 2011).

La aplicación de las patentes sólo tienen validez en el territorio donde fueron solicitadas. No obstante, es posible someter a través del Tratado de Cooperación en la materia de Patentes (TCP) una solicitud para cualquiera de los 146 países que hacen parte del tratado. En el cual se incluyen todos los países de Latinoamérica a excepción de Bolivia, Paraguay y Uruguay (OMPI, 2012).

Las primeras patentes asociadas con nanotecnología aparecen en 1976 en la USPTO y en 1980 para EPO y JPO (Li, Lin, Chen, y Roco, 2007). Presentando un incremento exponencial desde 1995 (Dang, Zhang, Fan, Chen, y Roco, 2010). Sólo hasta el 2004 se clasifican dentro de un grupo específico en EPO y USPTO.

El número de patentes asociadas a nanotecnología ha presentado un crecimiento significativo desde finales de la década de los 90 cuando existían 5,177 patentes registradas hasta mediados del 2012 con 130,780 patentes registradas, es decir, 25 veces más, gráfica 2 (Li *et al.*, 2007) (Dang *et al.*, 2010) (EPO, 2012). Este crecimiento se ha visto principalmente en el área de ciencias de materiales, ingeniería química y física. Durante el año de 2010 y 2011 hay un decrecimiento en el número de patentes otorgadas. Lo cual coincide con la disminución de inversión por la industria y el gobierno durante los años previos producto de la crisis económica del año 2007 al 2009 (BEA, 2012); durante el primer semestre de 2012 se registraron 5500 patentes con lo que la tendencia negativa que se presentó durante los 2 últimos años empieza a cambiar (ELSEVIER, 2012). La principal oficina de patentes que recibe solicitudes con el tér-

GRÁFICA 2. Comportamiento del número de patentes por año que incluyen el término nano bien en su título o en el resumen desde 1997 hasta el 2012. Para el último año solo se tomo el primer semestre.



mino nano en su título o resumen es la oficina de patentes de Estados Unidos (USPTO) con el 56% de todas las patentes, seguida de la oficina del Tratado de Patentes (PCT) con 28% de estas, la oficina de patentes de la Comunidad Europea (EPO) que representa 11% y finalmente la oficina de Japón (JPO) con el 4% (ELSEVIER, 2012; EPO, 2011; Murphy, Munshi, Kurian, Lakhtakia, & Bartlett, 2011).

La clasificación e identificación de patentes en el ámbito de nanotecnología es un gran desafío en el proceso de clasificación cada una de las oficinas de patentes. Inicialmente, la clasificación se había asociado al tamaño de sus componentes activos o estructuras entre 1 a 100 nm. Para USPO se usa el código 977, para EPO se usó Y01N y para JPO era ZMN. Con esta clasificación se buscaba establecer no sólo que el título o el resumen hiciera referencia a nanotecnología sino que se tratase de un invento novedoso con esta tecnología (ver tabla I). A partir de 2011 la EPO y la clasificación internacional de patentes (IPC) establecieron para las patentes en nanotecnología el nuevo código B82Y; con lo cual es posible identificar las patentes para nanotecnología (EPO, 2011). Sin embargo, entre éstas dos es fácil encontrar discrepancias en el número y la forma de su clasificación.

LATINOAMÉRICA Y LAS PATENTES EN NANOTECNOLOGÍA

La existencia de patentes en la base de datos de WIPO incluyen desarrollos nanotecnológicos en Latinoamérica y sólo se encuentran aplicantes de Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México. De las cerca de 100,000 patentes en nanotecnología que existen en el mundo, únicamente 333 se encuentran en la región. El 90% de éstas 333 patentes están en las oficinas de Brasil y México. Lo que necesariamente evidencia un rezago importante frente al desarrollo global. Adicionalmente, el 80% de las patentes son realizadas por extranjeros, quedando un pequeño número de patentes desarrolladas por centros de investigación, universidades o empresas locales.

Cuando analizamos el tipo de aplicante si se trata de empresas, universidades u otros, encontramos que la región no es uniforme en ello, en países como Colombia y Chile fundamentalmente las patentes provienen de las universidades, en países como Brasil y México prima el desarrollo de la industria y en Argentina hay un desarrollo

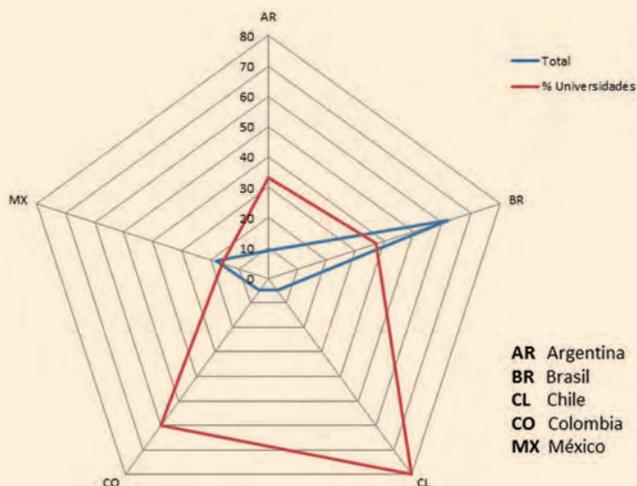
TABLA I. Definiciones para nanotecnología en las principales oficinas de patentes

Oficina	Código	Definición para nano-patente
USPTO	977	“Cubre las actividades relacionadas con la investigación y el desarrollo tecnológico a los niveles atómico, molecular o macromolecular, donde al menos una de sus dimensiones se encuentra en la escala de 1 a 100 nm. Y proporciona una comprensión fundamental de fenómenos y materiales a nanoescala usando y creando estructuras, dispositivos y sistemas novedosos que tengan propiedades y funciones secundarias de su tamaño”.
EPO	Y01N – B82Y	“El término nanotecnología cubre entidades con un tamaño geométricamente controlado al menos en un componente funcional inferior a 100 nm en una o más dimensiones susceptible de tener efectos físicos, químicos o biológicos intrínsecos a su tamaño”.

mixto entre industria y universidades. En la gráfica 3, se pueden observar estas proporciones. El área de las patentes en nanotecnología de la región esta en ciencia de materiales seguido de la investigación biomédica y química.

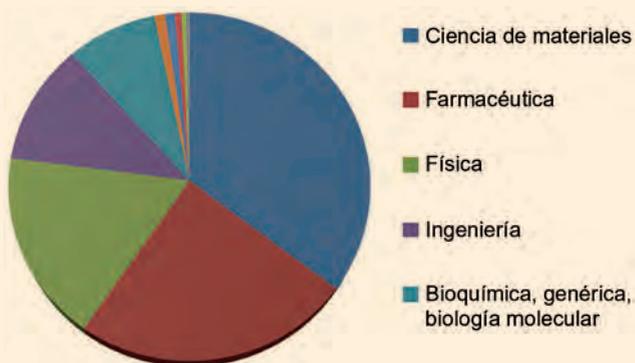
Se observan interacciones entre la academia e industrias de diversos países como es el caso de las Universidad Chilena de Concepción, Andromaco S.A. (Chilena) y ABL Pharma (Colombiana) filial de la primera que poseen dos patentes bajo la clasificación B82Y en EPO. En el caso de México el sector petrolero en compañía de universidades norteamericanas posee el 30% de las patentes. Brasil tiene un importante desarrollo en la industria cosmética y farmacéutica. En el caso de Chile, el 100% de

GRÁFICA 3. Número de patentes por cada uno de los cinco países de la región y el porcentaje de participación de las universidades como aplicantes en las mismas. Se observa cómo Brasil tiene el mayor número con una participación de universidades del 33% mientras Chile y Colombia poseen el menor número con una participación mayor de las universidades del 80% y 60%, respectivamente (EPO, 2012)



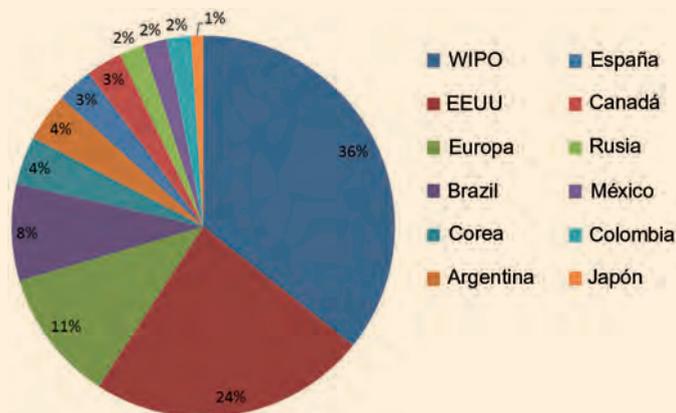
los avances en nanotecnología están asociados a universidades de las cuales el 60% son locales. Las principales áreas de investigación en la región, son ciencias de materiales, farmacéutica y cosméticos, ver gráfica 4.

GRÁFICA 4. Se presentan la principales áreas en las que la región posee patentes. Destacan ciencias de materiales y la industria farmacéutica y cosmética.



Desde Latinoamérica las principales oficinas de patentes a las cuales se solicita patentes son: WIPO con el 36%, USPTO con el 24% y EPO con el 11%. Otras oficinas como las de México y Colombia reciben solicitudes desde aplicantes brasileros para proteger sus creaciones en estos países. En la gráfica 5, se puede observar dicho comportamiento. Cabe aclarar que la solicitud de patentes de inventores en su mismo territorio en Latinoamérica es muy escasa llegando sólo al 12% en el caso de Brasil que

GRÁFICA 5. Distribución de las oficinas de patentes donde los inventores latinoamericanos suelen solicitar protección por patentes de su invención (WIPO, 2012).



es el que más posee. Esta distribución responde al interés de utilizar la patente en los mercados de mayor demanda y así favorecer la explotación de la patente. Sin embargo, competir allí resulta mucho más costoso por lo cual se requiere la inversión de capital por un tercero que permita financiar la producción y comercialización.

En cada territorio la oficina de patentes establece los procedimientos y estatutos para la solicitud de patentes dentro de los lineamientos del Tratado de Cooperación de Patentes PCT. La tabla II, relaciona las oficinas de patentes de cada uno de los cinco países y el número de patentes concedidas que incluyen el término nano en sus territorios.

TABLA II. Oficina de Patentes por país con su website y el número de patentes concedidas en los territorios

País	Oficina	Website	Patentes concedidas
MX	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial	http://www.impi.gob.mx	28
AR	Instituto Nacional de la Propiedad Industrial	http://www.inpi.gov.ar	13
BR	Instituto Nacional de propiedad Industrial Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Internacional	http://www.inpi.gov.br	4
CL	Instituto Nacional de propiedad Industrial Ministerio de Economía	http://www.inapi.cl/	5
CO	Superintendencia de Industria y Comercio Ministerio de Industria, Comercio y Turismo	http://www.sic.gov.co	4

A continuación se describe el proceso para la obtención de patentes en el territorio colombiano, el cual no varía sustancialmente de los otros países. La gráfica 6 describe los pasos a seguir.

PROCEDIMIENTO DE PATENTES EN COLOMBIA

En Colombia la Oficina de Patentes se encuentra administrada por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), esta oficina se encarga de otorgar las patentes para el territorio Colombiano. El proceso puede llevar de 3 a 5 años dependiendo de la complejidad de la solicitud. Éste está dividido en tres fases: la primera es la fase de Radicación y Admisión del trámite, lo fundamental en ella es la presentación completa de los documentos y el pago del examen de forma; si pasa esta etapa sigue la fase de publicación (aprox. 18 meses) donde terceros pueden oponerse; a continuación se realiza la petición de examen de patentabilidad (hasta 6 meses) y el examen de fondo donde se concede o niega la patente. Adicionalmente, se debe realizar un

pago por mantenimiento de la patente de forma anual. Una vez otorgada la patente se tienen tres años para iniciar la producción del desarrollo tecnológico o de lo contrario el Estado está en la capacidad de otorgar licencias a terceros para que la explotación, ver gráfica 6.

GRÁFICA 6. Pasos para la obtención de una patente en Colombia a través de la SIC (SIC, 2011).



Las universidades y las patentes

En el marco de investigación colombiana existe una brecha importante entre los mismos grupos de investigación, la industria y el gobierno con el propósito de promover el desarrollo productivo de los proyectos de investigación que culminen en aplicaciones útiles para la sociedad que estimulen el crecimiento económico basado en nanotecnología. Es así como en la base de datos de GrupLAC de ScienTI cerca de 106 grupos de investigación se encuentran inscritos con proyectos relacionados con nanotecnología (SienTI, 2012). Sin embargo, sólo tres universidades colombianas tie-

nen patentes en nanotecnología,¹ en las áreas de bioquímica e ingeniería química. No obstante, estas patentes no poseen un buen nivel de citación evidenciando un menor impacto en la sociedad(SIC, 2011).

Patentes en nanotecnología en Colombia (casos exitosos)

Lograr que los procesos de investigación y desarrollos empresariales brinden provecho a la sociedad es uno de los retos más grandes cuando se encuentra en investigación aplicada. Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por la compañía KEMTEK®. Desde principios de los años 80 empezó a investigar sobre los beneficios que los sistemas coloidales naturales podrían brindar a la industria de alimentos y a la agricultura, llegando a desarrollar con Nanotecnología Aplicada Sistemas Coloidales diseñados a la medida (*Tailor-made*) para el transporte de principios o ingredientes activos mediante nanoglóbulos; maximizando la efectividad de fertilizantes y plaguicidas, mejorando los rendimientos para los agricultores en los diferentes cultivos y reduciendo los costos al igual que la presencia de residuos químicos en el medio ambiente.

Las especialidades de STC® - Sistemas de Transporte Coloidal®- se han aplicado en diferentes sectores de la industria. El desarrollo de productos especializados como KEM-KOL® ha sido de gran impacto en la agricultura siendo utilizado para fertilizantes, insecticidas, herbicidas, fungicidas y hasta bioplaguicidas. Otro sector de alto impacto es el de la construcción con el producto STASOIL®; el cual es utilizado en la construcción de carreteras, en estabilización de bases y subases, permitiendo reducir espesores de diseño de capas a tratar en más de un 50% comparado con espesores a tratar en sistemas tradicionales de diseño de vías. Se reduce drásticamente espesor en diseño de capas de pavimento, ya sea, asfalto o concreto. En el campo de la generación de energía, KEMTEK® ha desarrollado especialidades de STC® para fluidificación y recuperación secundaria de crudos pesados en la industria petrolera, reducción y reciclaje de agua, mejoras de combustión en equipos generadores de electricidad reduciendo emisión de particulado en más de 60% e incrementando eficiencia en generación eléctrica.

El éxito en un desarrollo industrial está asociado con lograr expansión comercial por sus resultados innovadores, benéficos y la difusión del conocimiento para la comunidad, sin el riesgo de perder su propiedad intelectual por violación de terceros de los mecanismos de protección. Durante las décadas de trabajo y dedicación con las actividades de protección intelectual KEMTEK® ha encontrado desgastante proteger y mantener propiedad intelectual contra la competencia desleal y facilista. La falta de periodismo verdaderamente científico y no comercial facilita el posicionamiento de la "ignorancia creativa comercial" que desvirtúa el trabajo científico y tecnológico.

CONCLUSIONES

La obtención de beneficios para la sociedad de las actividades de investigación aplicadas se ven reflejadas en la obtención de productos que lleguen a las personas y brin-

¹ Universidad del Norte, Universidad Javeriana y Universidad de Antioquia.

den soluciones a sus problemas. La nanotecnología se convierte en una importante oportunidad para manipular la materia e innovar, resultados que se están observando en diferentes lugares del mundo.

Se evidencia en la región existen dificultades en la construcción de políticas eficientes que permitan a los centros de investigación culminar sus trabajos en exitosas actividades del sector productivo. Llevar a cabo actividades de integración entre los organismos del Estado, inversionistas, emprendedores, industria y centros de investigación para dirigir esfuerzos a las necesidades y brindar alternativas de éxito a nuestra comunidad. La desproporción entre el número de centros de investigación en Colombia y el número de patentes asociadas a nanotecnología nos hace reflexionar sobre esta brecha.

Se presenta en este documento una revisión del estado actual de las patentes esperando que sobre esta discusión sea posible construir en la región conciencia de la importancia de involucrar a los diferentes actores en la necesidad de incluir en sus planes las etapas de protección intelectual.

¿Se constituye en un deber del investigador conocer sobre propiedad intelectual? ¿A la par con la preparación para la investigación debería por parte de las universidades incluir cátedras de propiedad intelectual? ¿Estamos dirigiendo adecuadamente nuestros recursos y esfuerzos para alternativas que nos brinden mejores oportunidades competitivas como país hacia el futuro?

BIBLIOGRAFIA

- BEA. (2012). Bureau of Economic Analysis. Retrieved 19 Sep 2012 <<http://www.bea.gov/itable/index.cfm>>.
- Dang, Y., Zhang, Y., Fan, L., Chen, H., & Roco, M. (2010). Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991 to 2008. *Journal of Nanoparticle Research*, 12(3), 687-706. doi: 10.1007/s11051-009-9831-7
- ELSEVIER. (2012). SciVerse - HUB - Search Results. Available from ELSEVIER SciVerse-HUB <<http://www.hub.sciverse.com/action/search/results?st=nano%2C+patent&clusters=srctype%2Clup%2C0%2Clwp%2C0%2Clep%2C0%2Cljp%2C0%2Clgp%2C0%3Apat%5Blup%2Clwp%2Clep%2Cljp%2Clgp%5D>>.
- EPO. (2011). *Nanotechnology and Patents*. Munich: Retrieved from <<http://www.epo.org/service-support/publications/issues/nanotechnology.html>>.
- EPO. (2012). Espacenet Patent search. Available from EPO Worldwide Database 5.7.38; 93p Retrieved 19 Sep 2012, from European Patent Office <http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP>.
- Li, X., Lin, Y., Chen, H., & Roco, M. (2007). Worldwide nanotechnology development: a comparative study of USPTO, EPO, and JPO patents (1976-2004). *Journal of Nanoparticle Research*, 9(6), 977-1002. doi: 10.1007/s11051-007-9273-z
- Macleod, C. (2006). untitled. *The British Journal for the History of Science*, 39(3), 438-439.
- Murphy, P., Munshi, D., Kurian, P. A., Lakhtakia, A., & Bartlett, R. V. (2011). 5.15 - Nanotechnology, Society, and Environment. In L. A. Editors-in-Chief: David, D. S. Gregory & P. W. Gary (Eds.), *Comprehensive Nanoscience and Technology* (pp. 443-476). Amsterdam: Academic Press.

- OMPI. (2012). Tratados administrados por la OMPI. *Miembros de los órganos de la OMPI*. Retrieved Sep 20 2012, 2012, from <http://www.wipo.int/treaties/es/ShowResults.jsp?lang=es&search_what=B&bo_id=13>.
- Reuters, T. (2012). The History of Patents - IP & Science - Thomson Reuters.
- SIC. (2011). *ABC de la Propiedad Industrial*. Bogota D.C.: Superintendencia de Industria y Comercio.
- SienTI, C. (2012). GrupLAC. Retrieved 19 Sep 2012<<http://201.234.78.173:8083/ciencia-war/>>.
- USPTO, E. (2011). *Cooperative Patent Classification*. <www.cpcinfo.org; Retrieved from <http://www.cooperativepatentclassification.org/publications.html>>.
- WIPO. (2012a). Patents. Retrieved 19 Sep 2012, 2012, from <<http://www.wipo.int/patentscope/en/>>.
- WIPO. (2012b). WIPO IP Facts and Figures 2012. In W.-W. I. P. Organization (Ed.), *WIPO Economics & Statistics Series* (Vol. 2012, pp. 48). Geneva: WIPO.

Citotoxicidad y efecto antifúngico de nanopartículas de plata para uso odontológico

ARACELI ACEVEDO CONTRERAS¹, LAURA S. ACOSTA TORRES²,
CARLOS A. MORALES-ZAVALA¹, VÍCTOR M. CASTAÑO MENESES³

RESUMEN: Actualmente no existe un alginato para toma de impresiones dentales que evite la adherencia de microorganismos, por lo que el objetivo del presente estudio fue sintetizar nanopartículas de plata, evaluar su comportamiento citotóxico y adicionarlas en la formulación de un alginato comercial para conferirle características antifúngicas específicas contra *Candida albicans*, proponiendo su uso en la prevención de contaminaciones cruzadas.

ABSTRACT: There isn't currently any alginate for dental impressions which avoids the adherence of microorganisms. Thus the aim of this study was to synthesize silver nanoparticles, evaluate their cytotoxicity and add those nanoparticles to the formulation of a commercial alginate so that it gets specific antifungal characteristics against *Candida albicans*. Its use is then suggested to prevent cross-contamination.

IMPORTANCIA DE SU DIVULGACIÓN

El odontólogo esta expuesto a infecciones cruzadas bebido a la continua exposición con microorganismos propios de la cavidad oral. Sin embargo, ciertas medidas que en la actualidad son posibles de tomar para evitar esta exposición pueden provocar cambios dimensionales en los materiales afectando el trabajo dental final; por esta razón se hace necesario seguir investigando nuevos métodos de desinfección que eviten la proliferación de microorganismos y, a su vez, permitan manejar de la mejor forma los materiales dentales utilizados para brindar un mejor tratamiento.

INTRODUCCIÓN

Los materiales de impresión son productos utilizados para reproducir las estructuras de los tejidos duros y blandos de la cavidad bucal. Las impresiones dentales sirven para la obtención de modelos de estudio y modelos de trabajo de cada paciente, en los cuales pueden realizarse mediciones, diseño y confección de restauraciones in-

¹ Laboratorio de Materiales Dentales, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México. Acevedo: homerack@hotmail.com; Morales: camz_8@hotmail.com.

² Escuela Nacional de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad León Guanajuato. e-mail: laura.acuariux@gmail.com, Tel: (045) 477-7653-543.

³ Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla. meneses@servidor.unam.mx. Estancia sabática en la Universidad Autónoma de Querétaro.

directas como: incrustaciones, coronas, carillas, prótesis removibles, dentaduras, etc. Los materiales de impresión deben de ser biocompatibles y presentar una estricta fidelidad de detalle para duplicar las estructuras bucales (75 μm según la Asociación Dental Americana; ADA).

El alginato es un material para toma de impresiones ampliamente usado por su fácil manipulación y bajo costo (Craig, 1985), el cual proviene de las sales solubles del ácido alginico obtenido de las algas marinas llamadas "alginas" (Cova, 2010); se presenta en forma de polvo y es un polímero lineal cuyas propiedades mecánicas son tanto mejores cuanto más alto sea su peso molecular.

Una vez que el alginato ha gelificado presenta una estructura con defectos de superficie que propicia el crecimiento y proliferación de microorganismos originarios de la cavidad bucal como *Candida albicans*, principal microorganismo oportunista causante de la estomatitis protésica (Yildirime *et al.*, 2005; Cova, 2010). Factores locales como: higiene deficiente, traumatismos locales y pérdida de la integridad tisular; así como factores sistémicos (malnutrición, diabetes mellitus, infección por VIH, alteraciones sanguíneas, antibiótico-terapia prolongada, quimioterapia, radioterapia y xerostomía) contribuyen a la proliferación de *Candida albicans* y su adherencia en el 60 % de los pacientes portadores de prótesis removibles.

Diversos agentes químicos como amonio cuaternario y gluconato de clorhexidina con propiedades antimicrobianas se pueden colocar en contacto con las impresiones de alginato para su desinfección y evitar contaminaciones cruzadas; sin embargo, colocar sistemas acuosos en contacto con el alginato propicia el fenómeno de ambibisis (absorción de agua) modificando la estabilidad dimensional de la impresión final, por lo que no se recomienda sumergir en ninguna solución dichas impresiones (Taylor, 2002; Barceló, 2003). Por otro lado, las nanopartículas de plata (AgNPs) se han utilizado por su efecto antimicrobiano en diferentes aplicaciones biomédicas como en cubiertas de materiales, apósitos en heridas, cementos óseos, así como en algunos materiales dentales (Kassaei *et al.*, 2008). No obstante, no existen reportes de su incorporación en la formulación de materiales de impresión. El mecanismo de acción de las nanopartículas de plata con efecto antimicrobiano se realiza mediante la liberación de iones de plata en el interior de los microorganismos atacando directamente el ciclo de la cadena respiratoria y propiciando la muerte microbiana.

El objetivo del presente estudio fue sintetizar, caracterizar y evaluar el efecto citotóxico de nanopartículas de plata para incluirlas dentro de la formulación de un alginato disponible comercialmente para su posterior evaluación de efecto antifúngico y reproducción de detalle.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis de nanopartículas de plata

La síntesis de nanopartículas de plata se realizó utilizando nitrato de plata (AgNO_3 ; Sigma, México) como precursor, y una infusión natural de extracto de *Geranium maculatum* como agente reductor. La infusión natural se agregó en etilenglicol (Sigma; México) previamente calentado a 176 °C, posteriormente se goteó el nitrato de plata 0.1 M y se mantuvo la reacción durante 20 min en agitación vigorosa. Las nanopartí-

culas de plata obtenidas se lavaron con etanol y acetona con periodos de sonicado y centrifugado de 10 min a 10,000 rpm.

Mediante este procedimiento se obtuvo una solución con coloración amarillo tenue, característica de la formación de nanoesferas de plata.

Caracterización de nanopartículas de plata

Las solución de AgNPs en etanol fue caracterizada mediante espectroscopía UV-Visible (UV-Vis) en un equipo Genesys 2PC; $\lambda = 410$ nm. Se utilizó la técnica de reflectancia total atenuada (ATR) para el análisis de espectroscopía de infrarojo (FT-IR), en un equipo Bruker Vector 33 con 17 escaneos en la región de $400 - 4500$ cm^{-1} . El análisis de Espectroscopía Raman-Dispersivo fue realizado en un equipo Senterra Buker, equipado con láser de $\lambda = 685$ nm y FT Raman (Nicolet 910) con $\lambda = 1064$ nm y acoplado con microscopio Olympus.

Para conocer el tamaño y morfología de las nanopartículas de plata fueron analizadas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM; JEOL, Peabody, MA), Microscopía de Fuerza Atómica (AFM; Anstron Advance Inc.) y Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM, JEOL-1010). La solución de nanopartículas fue depositada en los portaobjetos y se mantuvieron hasta la evaporación del solvente antes de ser observadas.

Evaluación del efecto citotóxico

Fibroblastos de ratón 3T3-L1 (ATCC; CL173) fueron cultivados en medio Dulbeco's Modified Eagle's Medium (DMEM; Sigma), suplementado con 10 % de suero fetal bovino (FBS; Gibco, Invitrogen, Carlsbad, CA) y antibióticos de (10 μL de estreptomycin y 100 U/mL de penicilina; Sigma). Las células fueron incubadas en ambiente de humedad a 37 °C en atmósfera de aire al 95 % y 5 % de CO_2 . Las células fueron sembradas a una densidad de 1×10^4 /pozo en cajas de cultivo de 24 pozos, incubadas durante 24 h para su adhesión y posteriormente se agregaron alícuotas 50 μL de la solución de AgNPs previamente esterilizadas con luz UV durante 5 minutos. Las células con nanopartículas fueron incubadas durante 24 h para evaluar el efecto citotóxico mediante el ensayo de MTT (Mosmann *et al.*, 1983). La densidad óptica fue leída a 570 nm en un espectrofotómetro de ELISA (Bio-Rad). Los resultados se compararon con respecto al grupo control negativo; células sin nanopartículas de plata. Las pruebas se realizaron por triplicado.

Ensayo de inhibición de Candida albicans

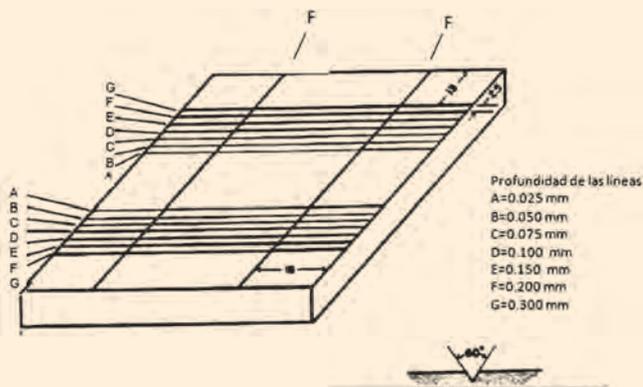
El efecto antifúngico de las AgNPs sintetizadas se evaluó usando una cepa de *Candida albicans* ATCC-90026, la cual fue sembrada a 1×10^6 en placas con agar Dextrosa Sabouraud (Sigma). Se prepararon ($n = 8$) discos de alginato de sodio (Max Print Cyan, MDC, México) con AgNPs (13.7 %) y fueron depositados sobre las placas de agar con *Candida albicans* e incubados a 37 °C durante 24 h. Discos de alginato Max-Print sin AgNPs fueron usados como grupo control. Se analizó la formación de zonas de inhibición alrededor de los discos de alginato en contacto con *Candida albicans* y se midió

la longitud de cada zona de inhibición. El ensayo de inhibición microbiana se realizó por duplicado.

Prueba de fidelidad de detalle

Se realizó la evaluación de fidelidad de detalle según la norma No. 18 de la Asociación Dental Americana (ADA No. 18, 1992) adicionando 13.7 % de AgNPs en el agua para mezclado del alginato. El procedimiento se llevó a cabo llenando con alginato un anillo de metal colocado sobre una placa metálica con hendiduras de distintas profundidades de 0.30 a 0.025 mm (figura 1); 15 min después se retiró el alginato y se le vació una mezcla de yeso tipo *alfa-1* para posteriormente colocarse en un baño de agua a 23 ± 2.0 °C y 100 % de humedad relativa durante 30 min. Finalmente se observó en un microscopio óptico la reproducción de las líneas de la placa ranurada en el modelo de yeso para valorar la fidelidad de detalle del alginato y el alginato adicionado con AgNPs.

FIGURA 1. Placa metálica con hendiduras de distinta profundidad para evaluar fidelidad de detalle de los alginatos.



Análisis estadístico

Se aplicó el análisis estadístico ANOVA de Una Vía ($p < 0.05$) y Tukey test para comparar los valores obtenidos en las evaluaciones de: citotoxicidad, inhibición de *Candida albicans* y fidelidad de detalle.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen diversos métodos para la síntesis de nanopartículas metálicas pero los más empleados son aquellos que utilizan procedimientos químicos (Guzmán *et al.*, 2008). Sin embargo, en el presente estudio, al utilizar una infusión natural como agente re-

ductor fue posible obtener partículas de plata de tamaño nanométrico, lo cual resulta favorable para uso en aplicaciones biomédicas por su alto efecto antimicrobiano y nula toxicidad en tejidos humanos cuando se utilizan en bajas concentraciones.

La caracterización espectroscópica de UV-Vis presenta el plasmón de superficie característico de las nanoesferas de plata con resonancia en la región de 410 nm como se muestra en la figura 2a. Los espectros de FT-IR y Raman-Dispersivo muestran picos característicos de las nanoestructuras de plata (figuras 2b y 2c).

Las micrografías electrónicas de barrido, de transmisión y de fuerza atómica indican la presencia de nanopartículas de plata de forma esférica, con bordes bien definidos y con tamaño de 10 - 12 nm (Figuras 3a, 3b y 3c).

En el ensayo de citotoxicidad no existió diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) entre el grupo de nanopartículas de plata comparado con el grupo control (figura 4).

A pesar de que existen más de 60 estudios que han reportado los efectos que causan los procedimientos de desinfección en la estructura y propiedades físicas de los materiales de impresión (Martín *et al.*, 2007), no existen estudios recientes sobre nuevas técnicas para evitar este problema, pues las técnicas de desinfección más utilizadas son mediante soluciones de hipoclorito de sodio y el glutaraldehído (Wadhvani *et al.*, 2005; Lepe *et al.*, 2002). En un intento por solucionar este problema se realizaron técnicas experimentales utilizando radiación ultravioleta (Larsen *et al.*, 2000) y radiación de microondas (Abdelazia *et al.*, 2004), las cuales no fueron bien aceptadas, por esta razón, en el presente estudio fue propuesta la adición de nanopartículas de plata como agente antimicrobiano en el agua de mezclado del alginato para prevenir la propagación de infecciones cruzadas.

Los valores promedio del tamaño de las zonas de inhibición de *Candida albicans* formadas por los discos de alginato son menores en comparación con las zonas de inhibición formadas por los discos de alginato con AgNPs se muestran en la figura 5, indicando diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

FIGURA 2. Espectros a) UV-Vis, b) FT-IR y c) Raman-Dispersivo de las AgNPs sintetizadas.

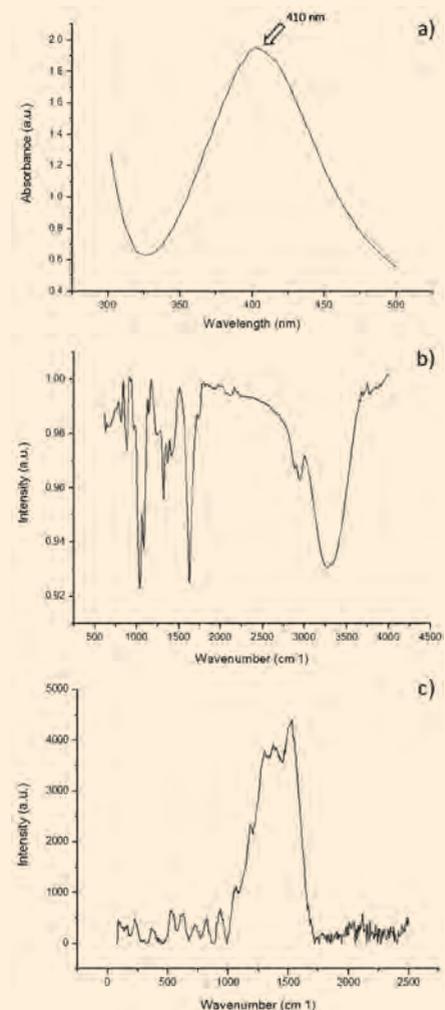
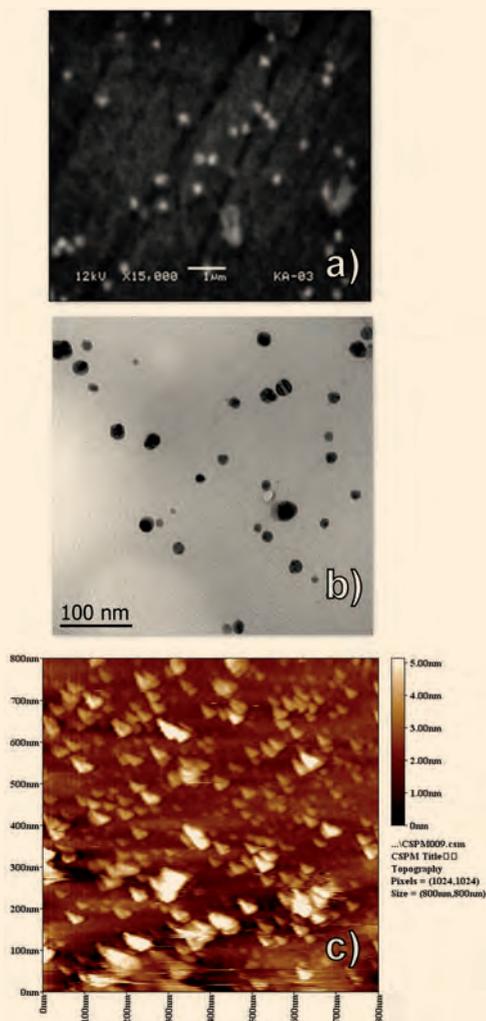


FIGURA 3. Micrografías que muestran el tamaño de partícula de las AgNPs sintetizadas a) SEM b) TEM c) AFM



Debido a que no se encuentran reportes previos de alginatos con nanopartículas de plata se realizó la prueba de fidelidad de detalle que indica norma ADA No. 18 con la cual se verifica la reproducción de detalle que se logra al tomar una impresión con alginato para obtener un modelo positivo de yeso.

La figura 6 muestra la micrografía del modelo de yeso con la reproducción de la impresión tomada con alginato con AgNPs, la cual resultó idéntica a la impresión tomada con alginato sin modificar; mostrando que se han reproducido exactamente todos los carriles marcados desde el que mide 0.3 mm hasta el de 25 μm, coincidiendo con los carriles originales de la placa metálica impresionada.

FIGURA 4. Valores del comportamiento de nanopartículas de plata en contacto con fibroblastos 3T3-NIH durante 24 h.

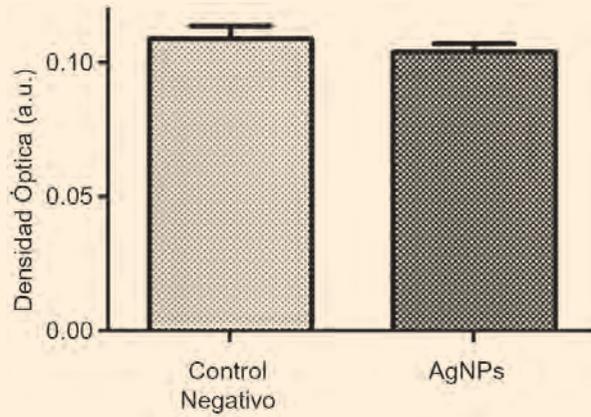


FIGURA 5. Valores promedio y desviación estándar del tamaño de las zonas de inhibición creadas por los grupos de alginato con nanopartículas de plata y alginato sin modificar.

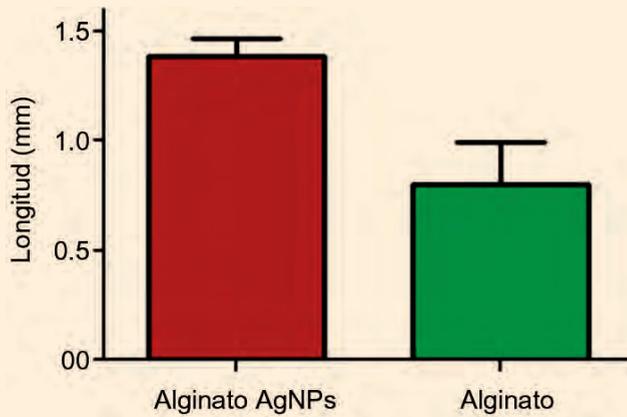
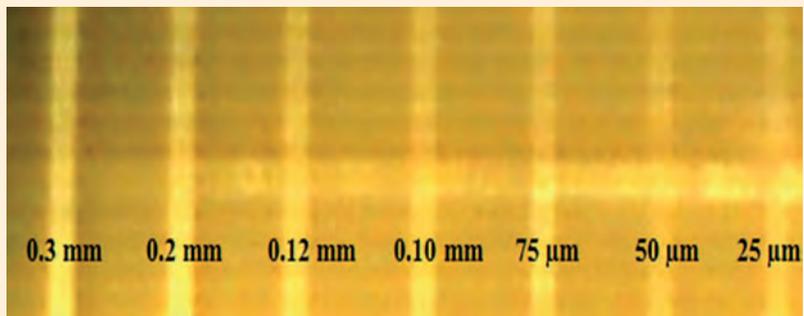


FIGURA 6. Micrografía del yeso obtenido para evaluar la fidelidad de detalle del alginato Max-Print con y sin nanopartículas de plata.



CONCLUSIONES

Un medio natural como el *Genium maculatum* puede reducir el tamaño de partículas de plata hasta escala nanométrica, las cuales adicionadas a un material de impresión lo dotan de efecto antifúngico haciéndolo una buena opción dentro de los materiales para la toma de impresiones dentales ya que mantienen la fidelidad en la reproducción de detalle y no resulta citotóxico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Proyecto PAPIIT-IN227411, UNAM. Por excelente apoyo técnico a: Quím. Carmen Vázquez, L.Q.I. Israel López Quím. Concepción Arredondo, M.C. Francisco Fernández, Dra. Marina Vega, Mtra. Ma. Lourdes Palma Tirado, Daniel Mondragón, Antonio Prado y L.E.I. Daniel González-Espejel.

REFERENCIAS

- Abdelaziz, K. M., Hassan, A. M., Hodges, J. S. (2004). "Reproducibility of sterilized rubber impressions". *Brazilian Dental Journal*, vol.15, 209.
- American Dental Association Specification No. 18. (1992). "Alginate Impression Material".
- Barceló, F. H., Palma, M. (2003). *Materiales Dentales; Conocimientos básicos aplicados*, Trillas, México.
- Cova, J. L. (2012). *Biomateriales dentales*. AMOLCA, Caracas, Venezuela.
- Craig, G. R. (1985). *Materiales Dentales*, Interamericana. México.
- Guzmán, M. G., Dille, J., Godet S. (2008). "Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity". *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 43, 357.
- Kassaei, M. Z., Akhavan, A., Sheikh, N., Sodagar, A. (2008). "Antibacterial effects of a new dental acrylic resin containing silver nanoparticles". *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 110, núm. 3, 1699.
- Larsen, T., Fiehn, N. E., Peutzfeldt, A., Owall, B. (2000). "Disinfection of dental impressions an occlusal records by ultraviolet radiation". *The European Journal Prosthodontics Restorative Dentistry*, vol. 8, 71.
- Lepe X., Johnson, G. H., Berg, J. C., Aw, TC., Stroh, G.S. (2002). "Wettability, imbibition and mass change of disinfected low-viscosity impression materials". *The Journal Prosthetic Dentistry*, vol. 88, núm 3: 268.
- Martin, N., Martin, M. V., Jedyakiewicz, N. M. (2007). "The dimensional stability of dental impression materials following immersion in disinfecting solutions". *Dental Materials*, vol. 23,760.
- Mosmann, T. (1983). "Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays". *Journal of Immunological Methods*, vol. 65, núm. 1-2, 55.
- Taylor, R. L., Wright, P. S., Maryan, C. (2002). "Disinfection procedures: their effect on the dimensional accuracy and surface quality of irreversible hydrocolloid impression materials and gypsum casts". *Dental Materials*, vol. 12, núm. 2, 103.

- Wadhwaniet, C. P., Johnson, G. H., Lepe, X., Raigrodski, A.J. (2005). "Accuracy of newly formulated fast-setting elastomeric impression materials". *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 93, núm. 6, 530.
- Yildirim, M.S., Hasanreisoglu, U., Hasirci, N., Sultan, N. (2005). "Adherence of *Candida albicans* to glow-discharge modified acrylic denture base polymers". *Journal of Oral Rehabilitation*, vol. 32, núm. 7, 518.

Tecnología de membrana con enrejados tipo zeolita

J. VEGA MORENO¹, E. REGUERA¹, J.A. I. DÍAZ GÓNGORA¹,
A. A. LEMUS SANTANA¹

RESUMEN: Hoy en día, las plantas existentes de energía a base de carbón presentes en el mundo emiten cerca de 2 billones de toneladas de CO₂ al año. Debido a su ingeniería fundamental y las ventajas económicas que compiten en tecnologías de separación, las operaciones de membrana están siendo exploradas para la separación de CO₂ y otros gases de combustión de las emisiones de centrales eléctricas basados en combustibles fósiles. [1] Los enrejados imidazolato tipo zeolita (ZIFs) son nuevos materiales microporosos con diversidad de estructuras y tamaños de poros, así como grandes áreas superficiales. Las membranas de estos materiales poseen un gran potencial para la separación de mezclas de gases de interés energético y ambiental. [2-4] En este trabajo se presenta la síntesis y caracterización de dos membranas potencialmente útiles para separación de CO₂, a partir del compuesto conocido como ZIF-8 y una modificación del mismo usando una mezcla de metales (Zn y Co). Con esta modificación se espera modular la entalpía de interacción y con ello a su vez, la selectividad de la membrana como resultado de la participación de dos tipos de metales en el enrejado molecular.

ABSTRACT: Today, existing power plants based on coal present in the world emit about 2 billion tons of CO₂ per year. Because of its fundamental engineering and economic advantages in competing separation technologies, membrane operations are being explored for the separation of CO₂ and other exhaust emissions of power plants based on fossil fuels. [1] The zeolite imidazolate framework (ZIFs) are novel microporous materials with different structures and pore sizes and large surface areas. Membranes of these materials have great potential for the separation of gas mixtures energy and environmental interest. [2-4]

This paper reports the synthesis and characterization of two potentially useful membrane separation of CO₂ from the compound known as ZIF-8 and an amendment thereto using a mixture of metals (Zn and Co). This modification is expected to modulate the interaction enthalpy and thereby turn the selectivity of the membrane as a result of the involvement of two types of metals in the molecular lattice.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han reconocido potenciales ventajas económicas, ambientales y de implementación en la separación de mezcla de gases (SMG) utilizando la tecnología de membrana debido a que es un proceso de régimen semiestacionario; el cual no requiere aditivos ni tratamientos secundarios, en comparación con otras tecnologías de SMG (por ejemplo absorción con aminas y destilación criogénica).

Entre los diversos mecanismos de separación descritos para las membranas, se encuentra el tamizado molecular. Dicho mecanismo se halla favorecido en los materiales microporosos (hasta 2nm).

¹ Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, IPN.

La alta regularidad en forma y tamaño que exhiben los nanoporos en estructuras cristalinas de enrejados tipo imidazol (Zeolite Imidazol Frameworks, ZIF's por sus siglas en inglés), así como la estabilidad química y térmica que presentan estos materiales, los hace muy atractivos para ser implementados en tecnología de membrana, y potencialmente útiles para la separación de mezclas de gases y vapores.

En especial el ZIF-8 es prototipo de este tipo de enrejados en donde cuatro anillos del ligante 2-metilimidazol (MeIm) se coordinan a un átomo tetraédrico de zinc formando un enrejado poroso con estructura tipo sodalita (SOD) en la cual hay grandes cavidades (11.6 Å) y pequeñas aperturas de poro (3.4 Å). [4]

La fase activa de la membrana esta conformada por ZIF's y es donde recae la eficiencia en la SMG. La fase inactiva es un soporte de $g\text{-Al}_2\text{O}_3$.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Los reactivos utilizados para la obtención del ZIFs son los siguientes: metanol (CH_3OH > 99% Fermont), 2-metilimidazol ($\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2$ > 99% Aldrich), formiato de sodio (HCOONa > 99% Reasol), cloruro de cinc (ZnCl_2 > 99% Fermont) y cloruro de cobalto (CoCl_2 > 99% Baker).

Síntesis de los soportes de $g\text{-Al}_2\text{O}_3$. Se hicieron pastillas de $g\text{-Al}_2\text{O}_3$ (fase inactiva) y se colocaron en una estufa a 200°C durante 2h. Sobre la superficie de ellas se goteó una disolución metanólica de 2-metilimidazol (MeIm) a 0.4 M, para promover centros de anclaje Al-N. Con esta activación, la síntesis de la fase activa de la membrana se lleva a cabo vía solvotermal.

Síntesis de la película de ZIF sobre los soportes de $g\text{-Al}_2\text{O}_3$. Se prepararon disoluciones precursoras de ZIF-8: ZnCl_2 y MeIm en concentraciones equimolares. Para el caso del ZIF-8 mix (Zn y Co), se preparó adicionalmente una disolución de CoCl_2 . Se vertieron las disoluciones en autoclaves de teflón, sobre los soportes de $g\text{-Al}_2\text{O}_3$. El crecimiento de los cristales de ZIF's se dio luego de 4 h a 120°C. Una vez concluido el tiempo de síntesis, la membrana asimétrica se saca de la autoclave, se lava con metanol y se deja secar a temperatura de cuarto.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se obtuvieron dos membranas asimétricas que como soporte tienen una fase mesoporosa de $g\text{-Al}_2\text{O}_3$ y como fase activa tienen un compuesto ZIF.

Para el caso de la primera membrana, sólo se usó el metal Zinc y su abreviación es: ZIF-8 (Zn) y en el caso de la segunda membrana, se usó una combinación de dos metales: Zn - Co y se abrevió ZIF-mix (Zn-Co).

La caracterización preliminar que se hizo por DRX indicando que las fases de ZIF que cristalizaron en la superficie de la $g\text{-Al}_2\text{O}_3$ y el patrón corresponde a la estructura del compuesto reportado de ZIF-8 microcristalino, figura 1. [4]

En la figura 2 se observa una micrografía de barrido (SEM), de la película de ZIF-mix (Zn-Co) en una fase continua, y homogénea.

La tabla 1 resume el análisis de espectroscopia de energía dispersiva (EDS) en el que se muestra la relación de metales que se ha obtenido en la fase activa de la membrana.

FIGURA 1. Patrones de difracción de ZIF-8 (Zn) y ZIF-mix (Zn-Co)

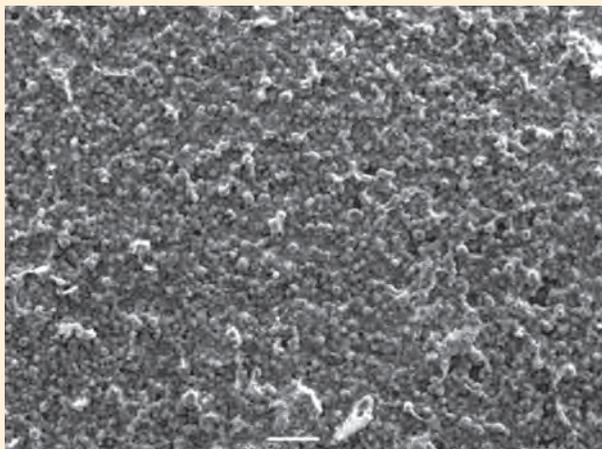


FIGURA 2. Superficie de la fase activa de ZIF-mix (Zn-Co)

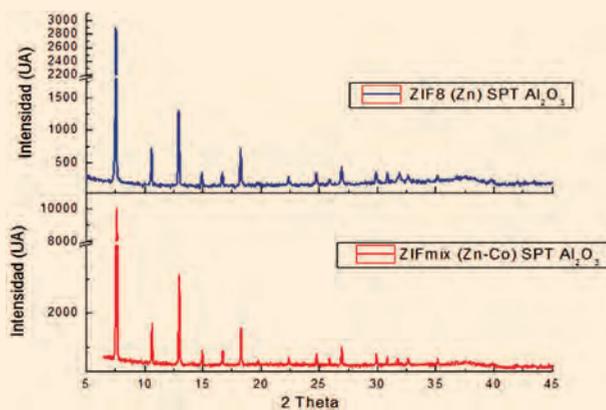


TABLA1. Relación de metales Zn:Co es cercana a 1:1.

Element	Weight%	Atomic%
C	41.74	54.24
N	28.85	32.15
O	6.77	6.60
Al	4.00	2.31
Co	9.47	2.51
Zn	9.17	2.19
Totals	100.00	

CONCLUSIONES

Se logró el crecimiento de una fase cristalina de enrejados tipo zeolita sobre soportes de alúmina mesoporosa.

Se promueve un crecimiento uniforme del ZIF-8 (Zn) y ZIF-mixto (Zn-Co) en forma de membrana sobre el soporte de γ -alúmina.

Se logró la incorporación de dos metales en la misma estructura cristalina del ZIF-8 y con ello se obtuvo ZIF mix (Zn-Co) como fase activa de la membrana asimétrica potencialmente útil en la separación de mezclas de gases.

Se concluye que el ZIF-mix es isoestructural al ZIF-8 de acuerdo a los resultados obtenidos de difracción de rayos x.

El estudio de la selectividad de ambas membranas asimétricas frente a distintos gases permitirá evaluar la modificación de superficie que la mezcla de metales induce en el enrejado poroso.

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos SIP-20120145, CONACYT 2012-1601 y SEP-CONACYT -CB 2010-2012 166387. JVM agradece a CONACYT por la beca otorgada para sus estudios de maestría. Los autores agradecen a Alfonso Martínez y a Erwin Gómez por el apoyo en los análisis de Microscopía y DRX respectivamente.

REFERENCIAS

- [1] Kyo Park, Zheng Ni, Yong Choi, Omar Yaghi. (2006). *Exceptional chemical and thermal stability of ZIF PNAS* 103 10186.
- [2] Helge Bux, Armin Feldhoff, Janosch Cravillon, Yan-Shuo Li. (2011). *Oriented ZIF-8 Membrane with sharp H₂/C₃H₈ molecular sieve separation Materials* 23: 2262-2269
- [3] Michael McCarthy, Victor V. Guerrero, Gregori V. Barnett, y Hae-Kwon Jeong. (2010). *Synthesis of ZIF films and membranes with controlled microstructures. Langmuir*, 26: 14636-14641
- [4] Miral Shah, Hyuk Taek Kwon, Vu Tran, Sonny Sachdeva, Hae-Kwon Jeong. (2013). "One step in situ synthesis of supported zeolitic imidazolate framework ZIF-8 membranes: Role of sodium formate", *Science* 165: 63-69

Análisis de percepción sobre la nanociencia y la nanotecnología: el caso de la comunidad universitaria de UAM, UDLAP E IPN¹

JOSÉ MANUEL MATA MÉNDEZ Y JUDITH SARAI PEÑA JIMÉNEZ*

RESUMEN: Se presenta el análisis de percepción social de las comunidades universitarias de los planteles Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Universidad de las Américas Puebla, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Culhuacán, Escuela Superior de Comercio y Administración Tepepan y Centro de Investigación y de Estudios Avanzados sedes Norte y Sur, sobre el estado e implicaciones de la nanociencia y la nanotecnología a partir de los datos obtenidos tras una encuesta que se realizó a 464 estudiantes y profesores de las 7 sedes mencionadas. Los datos siguen la estructura de la encuesta realizada en el volumen 4, número 1, de esta revista, siendo modificados sólo algunos datos que podrán verse en el anexo de tal suerte que la encuesta fuera generalizable a todas las instituciones encuestadas. Concluimos reiterando el interés por el fortalecimiento al estímulo en la ciencia y la tecnología en nuestro país con responsabilidad social. Estudios como éste pretenden detectar el (des)interés en la ciencia y la tecnología de la comunidad universitaria y los modos en que es percibida. El objeto: contribuir con un análisis útil para cualquier intento que pretenda revertir la desinformación. Palabras clave: nanociencia, nanotecnología, percepción social, implicaciones, regulación.

ABSTRACT: Analysis of social perception on nanoscience and nanotechnology state of the art and implications is presented as a result of a wide survey carried out at Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Universidad de las Américas Puebla, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Culhuacán, Escuela Superior de Comercio y Administración Tepepan and the Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, north and south units. Four hundred and 64 interviews were applied to students and teachers.

Data follows the survey scheme used on a previous study for UNAM's Ciudad Universitaria campus social perception that has been published on volume 4, No. 1 of this journal. Some small modifications have been done in order to fit the survey to all institutes and universities contexts. We conclude by supporting the effort and interest of promoting responsible science and technology in our country. Studies like this have the purpose of detecting the degree of (dis)interest on science and technology of the high education level community and the ways its development is perceived. The goal: Contributing with an analysis considered useful for any attempt to revert disinformation. Key words: nanoscience, nanotechnology, social perception, implications, regulation.

INTRODUCCIÓN

En enero de 2012 se revisó el contenido de la encuesta realizada a la comunidad de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para conocer su percepción sobre la nanociencia y la nanotecnología (véase: Delgado y

¹ El trabajo presenta los resultados de trabajo de campo sobre percepción social realizado en el marco del proyecto "LABnano - Laboratorio SocioEconómico en Nanociencia y Nanotecnología" (CEIICH-CONACYT, apoyo complementario 2009, No. 118244)

* Tesistas de la licenciatura en sociología de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Colaboradores del proyecto LABnano <www.labnano.ceiich.unam.mx>.

Peña, 2011). Aunque los resultados coincidían con las tendencias internacionales, se resolvió pertinente la aplicación de dicho estudio, con el objeto de incluir a otras instituciones universitarias y realizar así un análisis comparativo.

La nueva fase de estudio de percepción social y que a continuación se presenta incluyó la aplicación de 464 encuestas al estudiantado y docentes de los planteles Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Universidad de las Américas Puebla, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Culhuacán, Escuela Superior de Comercio y Administración Tepepan y Centro de Investigación y de Estudios Avanzados sedes Norte y Sur. La composición por género fue de 55% mujeres y 46% hombres.

Los aspectos generales sobre la percepción de la comunidad universitaria de las distintas instituciones tienden a ser relativamente similares a los obtenidos en la encuesta realizada en 2011 en Ciudad Universitaria de la UNAM. La principal diferencia radica en que en las nuevas sedes se presentó una alta tasa de desinterés respecto a las preguntas abiertas, salvo en los casos de CINESTAV Norte y la UDLAP. Del mismo modo se presentó una gran indiferencia al momento de llenar el denominado cuadro de confianza respecto a productos nano en tanto que en muchas ocasiones resultó en blanco.

Pese a tal situación, se pudo constatar que la idea generalizada es que la nanotecnología es una tecnología a pequeña escala, que no existen las condiciones necesarias para que México innove en este rubro debido a la falta de apoyo por parte del gobierno, a pesar de que sí existe el potencial humano necesario para llevarlo a cabo. Igualmente, se considera necesario el etiquetado de los productos nano y que la regulación de importaciones es importante.

En el caso de la encuesta de la UNAM, previamente a la aplicación de las encuestas se proporcionó un folleto y una hoja con definiciones de la nanociencia y la nanotecnología a modo de introducción a la encuesta. En esta ocasión se decidió que el proceso fuera diferente, ya que la metodología y tratamiento analítico también lo fueron en tanto que se trató fundamentalmente con estudiantes pertenecientes a instituciones cuya especialidad es el área de ciencias exactas (excluyendo el caso de la UAM). En tal sentido se consideró conveniente no presentar material alguno de modo tal que se pudiera apreciar el conocimiento real que los actores de ciencia poseen en cada institución. Pese a ello, antes de iniciar la encuesta se les ofreció una breve explicación y de igual forma la posibilidad de preguntarnos directamente en caso de persistir alguna duda. Como se observa en las gráficas no hubo mayor interés en la temática o los aspectos de la encuesta más que en dos ocasiones.

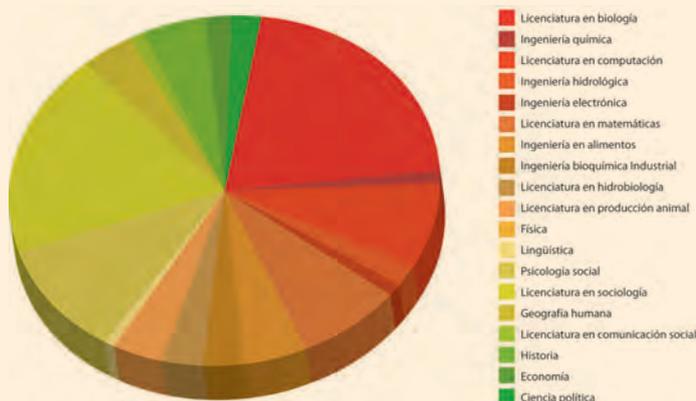
ANÁLISIS DE RESULTADOS POR INSTITUCIÓN

UAM-I

La encuesta escrita fue aplicada entre los meses de marzo y abril a estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana, plantel Iztapalapa (UAM-I). Al igual que en el estudio realizado en la UNAM, se dividieron a los estudiantes de la UAM-I en dos grupos: el primero lo conforman 105 alumnos de carreras pertenecientes al área de las ciencias naturales y exactas, mientras que el segundo grupo lo forman 81 alumnos del área de las ciencias sociales y humanidades, para un total de 186 alumnos encuestados. La gran mayoría se encuentra entre los 18 y los 24 años de edad.

De los estudiantes de las carreras de ciencias naturales y exactas, la que más concentración tiene es la licenciatura en biología con un 39% respecto al total, seguido por la licenciatura en matemáticas con un 14% y la licenciatura en computación con un 13%, completando la gráfica aparecen otras ocho carreras con menos de un 8%. La licenciatura en sociología agrupa la mayoría de los encuestados en el área de ciencias sociales y humanidades con un 43%, seguido por lingüística con un 26% e historia con 12%; les siguen otras 5 carreras con un porcentaje menor al 9% (ver gráfica 1).

GRÁFICA 1. Porcentaje de estudiantes por carrera de la UAM-I



ANÁLISIS DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS DE LA UAM-I

Casi todos los estudiantes de ciencias naturales y exactas respondieron que sí se consideran personas interesadas en la ciencia (sólo un 5% dijo lo opuesto). Las publicaciones electrónicas (blogs, redes sociales, páginas de internet, etc.) fue el medio preferido por los estudiantes para informarse de cuestiones científicas, seguido por las revistas y la televisión en tercer lugar. Ante la pregunta de si sabían qué era nanociencia y nanotecnología, más de la mitad de los encuestados (un 54%) respondió afirmativamente y la mayoría (75%) dijo tener la idea de que la nanociencia y la nanotecnología tenían que ver con la ciencia y la tecnología aplicada a escala pequeña, aunque debe aclararse que las respuestas en algunas ocasiones eran vagas y poco precisas. Sólo unos pocos mencionaron la escala de 10^{-9} . Un grupo de encuestados (16%) dijo tener la idea de que la nanociencia y la nanotecnología era algo vinculado a la fabricación de chips o robots muy pequeños.

Contrasta con lo anterior las respuestas a la pregunta de si conocían, usaban o habían visto algún producto derivado de la nanotecnología, pues 82% dijo no haber visto alguno de estos productos. Los aparatos electrónicos (como celulares, computadoras, televisiones, reproductores de música, etc.) resultaron ser el grupo de producto más mencionado como ejemplo, seguido por los cosméticos, siendo las tiendas

especializadas o de alguna marca de productos en específico el lugar donde se ha visto la mayoría de dichos productos.

En lo que refiere al grado de seguridad a la salud y el ambiente percibido, 67% de los encuestados dijo no estar seguro o no saber, frente a un 28% que señaló que sí consideraba que son seguros, tal y como muestra la gráfica 2. No sobra precisar que cuando se preguntó el porqué de su respuesta, la mayoría, cuando respondió, aseguró que no sabía. Únicamente el 11% justificó su respuesta diciendo que no había la información suficiente al respecto o bien, que hacían falta más estudios sobre el tema.

GRÁFICA 2. ¿Por qué los alumnos de las carreras de ciencias naturales y exactas de la UAM-I consideran que los productos nanotecnológicos son o no seguros para la salud y el ambiente.

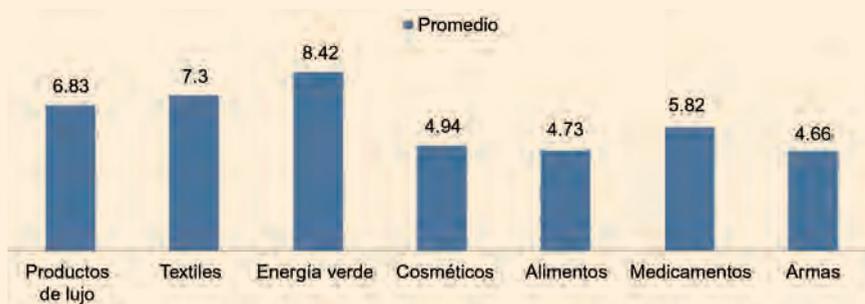


Respecto a la interrogante sobre si se considera necesario regular el avance de la nanotecnología y la comercialización de sus productos, 69% respondió que sí. La mayoría (33%), sin embargo, no supo argumentar por qué era necesaria tal regulación o bien no contestó la pregunta. Los que contestaron sugirieron que los productos nanotecnológicos necesitan regulación por seguridad o por precaución (24%), que todos los productos necesitan regulación sin importar sus componentes o procedencia (14%) o porque el conocimiento científico puede usarse con fines no éticos o para malos propósitos (10%).

A la pregunta de que si creían que el nivel científico y tecnológico de México es suficiente para poder innovar en nanotecnología, gran número de estudiantes respondió que no era suficiente (59%), mientras que un 32% contestó que sí lo era. Al preguntar por qué lo consideraban así, las respuestas estuvieron bastante divididas. Mientras que un 25% de los encuestados volvió a responder que no sabía, un 22% justificó su respuesta diciendo categóricamente que la falta de apoyo económico o de inversión en ciencia y tecnología impedía que México innove en nanotecnología. En contraste, 16% se mostraba relativamente más optimista al señalar que sí existe el talento y los medios necesarios para lograrlo, pero que la falta de apoyo —principalmente económico— es un gran obstáculo y que esto genera una fuga de cerebros. No debe sorprender que esto último esté presente en el consciente colectivo ante la falta de claridad de oportunidades para los jóvenes universitarios de grado y posgrado.

En cuanto al grado de confianza (gráfica 3), los productos que tuvieron más bajo promedio fueron los cosméticos, los alimentos y las armas, mientras que la producción de energía verde y los textiles recibieron calificación alta. Lo anterior parece explicarse en el hecho de que la potencial situación de exposición humana a un material nanotecnológico, por ingesta o vía tópica, genera desconfianza; en cambio, si éstos no están directamente en contacto con el cuerpo humano y son usados para obtener energía de fuentes renovables, la percepción cambia positivamente. Llama la atención que esto incluso aplique para el avance en área médica.

GRÁFICA 3. Grado de confianza en el uso de productos nano de los alumnos de ciencias naturales y exactas de la UAM-I en una escala del 1 al 10 donde cero es total desconfianza y 10 absoluta confianza.



El 81% de los estudiantes de este grupo dijo estar de acuerdo con etiquetar los productos nanotecnológicos, dando como explicación principal el hecho de que el consumidor tiene derecho a estar informado sobre lo que está consumiendo o comprando. Por último, gran parte de los encuestados se pronunció a favor de regular las importaciones de productos nanotecnológicos. La mayoría justificó su respuesta diciendo que se debe tener un control de lo que entra al país, o bien, refirieron motivos de seguridad.

ANÁLISIS DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES DE LA UAM-I

El 26% de este grupo de encuestados manifestó desinterés en la ciencia, aparentemente asumiendo que las sociales y las humanidades “no son ciencias”; 73% en cambio indicó que sí estaba interesado en las ciencias. Esta diferencia también fue observada entre los alumnos de la UNAM en el estudio de 2011 ya antes mencionado.

En el grupo de sociales y humanidades, muy pocos tuvieron idea de qué es la nanociencia y la nanotecnología: sólo 21% afirmó saber. Este pequeño grupo, en su mayoría (67%) la consideró como una tecnología a escala muy pequeña, pero un 17% señaló que tenía que ver con chips o robots muy pequeños (ciencia ficción), en tanto que 11% dio una respuesta fuera de contexto o completamente errónea. De igual forma, un 19% dijo haber visto o usado algún producto derivado de la nanotecnología,

siendo los aparatos electrónicos el producto más mencionado; la mayoría dijo no saber o no estar seguros del lugar donde vieron a la venta tales productos.

De manera similar al grupo de ciencias naturales y exactas, este segundo grupo se mostró incierto sobre los avances de la nanotecnología para la salud y el ambiente, pues un 78% respondió que no sabía si eran seguros, al tiempo que 21% dijo que sí eran seguros y un 1% sostuvo que no lo eran. En la justificación de las respuestas anteriores, la mayoría optó por no hacerlo o precisar que no sabía. El comportamiento de este grupo fue similar al del grupo anterior. El 54% de este grupo de ciencias sociales y humanidades se mostró a favor de que se regulen los avances de la nanotecnología y 30% dijo que no consideraba necesario regular dicho avance. Al preguntar por qué lo consideraban así, poco menos de la mitad no respondió o dijo que no sabía; 26% señaló que era por seguridad o precaución.

Por otro lado, el 58% del grupo señaló que México no cuenta con un buen nivel científico y tecnológico frente a un 17% que respondió que sí (el 25% restante dijo no saber). Un 32% señaló que la falta de apoyo económico es lo que impide lo anterior, aunque es de llamar la atención que, de nuevo, un gran número de encuestados (39%) dijo no saber o simplemente no respondió.

Con respecto al grado de confianza de usar productos nanotecnológicos y usando la misma escala que con el anterior grupo (el “cuadro de confianza”), los productos nanotecnológicos usados en la producción de energía verde es el que mejor promedio con una calificación de 8.22. Los demás productos están en promedios por debajo de 6.7, siendo el desarrollo de armamento, los alimentos y los cosméticos los más bajos (3.68, 5.14 y 5.84, respectivamente).

Sobre sí los productos nanotecnológicos deben etiquetarse, 69% contestó que sí, pero de igual forma, 37% no supo o prefirió no argumentar su respuesta. En cambio 32% dijo que era para saber bien qué era lo que se estaba consumiendo o comprando.

El 56% se mostró a favor de regular las importaciones de productos nanotecnológicos y un 26% señaló que era por medida de seguridad o bien, para tener control de lo que entra al país.

A pesar de la aparente buena disposición de los encuestados de la UAM-I, como podemos ver la gran mayoría optó por dejar varias precisiones sin contestar. Lo dicho en parte respondió al desconocimiento sobre qué es la nanociencia y la nanotecnología y a la dificultad de comunicar y hacer asimilable una explicación informada.

UDLAP

Los alumnos de la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) conforman un grupo distinto al de la UAM-I pues en su mayoría fueron estudiantes entre los 18 y 22 años: 85% de la carrera de nanotecnología e ingeniería molecular, 7% de química, 6% de bioquímica clínica y 2% de ciencias farmacéuticas.

Todos los encuestados respondieron considerarse personas interesadas en las ciencias. Las publicaciones electrónicas fueron el principal medio por el cual los estudiantes se informan (76%), seguidos por las revistas (11%) y la televisión (7%). Como ya se mencionó, al ser en gran parte alumnos de la carrera de nanotecnología e ingeniería molecular, la mayoría (93%) pudo definir de manera clara y precisa qué es la nanociencia y la nanotecnología. Solo 7% señaló no saber y 4% dio una respuesta completamente errónea. Esto también se ve reflejado en el hecho de que 76% con-

testó que sí han visto productos nanotecnológicos, siendo los cosméticos el grupo de productos más repetido, seguido de los aparatos electrónicos y los productos de limpieza. Las tiendas de autoservicio con un 28% fueron el lugar donde más se han visto estos productos.

Las respuestas relativas a la seguridad de los avances de la nanotecnología están divididas: mientras 46% afirma que son seguros, 47% dice no saberlo y sólo un 7% dice que no lo son. Resulta interesante cómo los propios alumnos de esta carrera, aunque tienen opiniones divididas, al pedirles justificar su respuesta, la mayoría (30%) indica que todavía no se han probado del todo los posibles daños a la salud y el ambiente, un 24% señala que no se ha brindado la información necesaria sobre estos productos y un 15% afirma que son seguros ya que han sido sometidos a un alto control de calidad.

Sobre la pregunta de si se considera necesario regular el avance de la nanotecnología, 94% de los encuestados respondió que sí, siendo el principal motivo el hecho de que aún no se sabe el daño que puedan provocar. Más aún, un grupo pequeño dijo que todos los productos, sin importar su contenido, necesitan regulación.

Otra pregunta que dividió opiniones fue la que se refiere a si creen que el nivel científico y tecnológico de México es suficiente para poder innovar en este campo: 50% dijo que no, pero un 48% dijo que sí y solo un 2% dijo no saber. Al preguntarse la justificación de sus respuestas, 39% dijo que sí hay talento y los medios necesarios pero lo que hace falta es el apoyo económico.

En este grupo de estudiantes de nuevo la producción de energía verde cuenta con un promedio alto en el nivel de confianza de productos nanotecnológicos al registrar una calificación de 9.35. En general, los promedios de todos los productos son altos en comparación con las encuestas aplicadas en otras universidades, aunque de igual forma, los cosméticos, los alimentos y las armas son los que más bajo promedio presentan (6.6, 5.8 y 7.17 respectivamente).

Una gran mayoría (91%) dijo estar de acuerdo con que se etiqueten los productos nanotecnológicos, siendo los argumentos el que el consumidor tiene derecho a saber lo que está adquiriendo (42%) y también a saber bien qué tipos de componentes tiene el producto (31%). El 83% afirmó que es necesario regular las importaciones de productos nanotecnológicos, esto con el fin de tener un mejor control de lo que entra al país o bien como medida de seguridad (53%). Sólo 16% dijo que las importaciones deberían regularse para fomentar la producción y el consumo de productos nacionales.

De manera general, los alumnos de la UDLAP contestaron de modo más informado el cuestionario, motivados tal vez por el hecho de hablar de un tema que conocen. A pesar de ello, es notoria la división existente entre quienes consideran las aplicaciones nanotecnológicas seguras, frente a quienes dicen no saberlo. Pese a todo, es generalizada la idea de que hacen falta más estudios para verificar, en su caso, la posible toxicidad de los productos, así como para informar al público en general.

CINVESTAV NORTE

En esta sede las respuestas fueron predominantemente femeninas, con un 71%, contra un 29% por parte de los hombres. El 100% de los participantes dijo estar interesado en la ciencia e informarse en su mayoría a través de medios impresos referentes

a cuestiones científicas. El 75% mencionó saber lo que es la nanotecnología y nanociencia, obteniendo 60% de respuestas acertadas o prácticamente perfectas (gráfica 4), ello de acuerdo con las definiciones de referencia utilizadas en la encuesta de 2011 y que refieren a aquellas oficiales propuestas por la Royal Society (Reino Unido), la National Nanotechnology Initiative (EUA) y la de la Oficina Europea de Patentes.

GRÁFICA 4. Respuestas de los alumnos del CINVESTAV Norte sobre qué es la nanociencia y la nanotecnología.

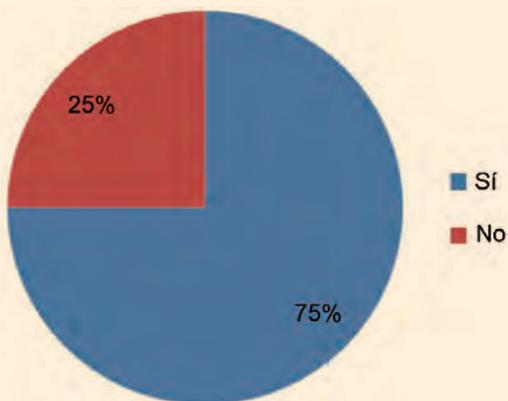


Un 62% dijo conocer productos nano, añadiendo que éstos consistían en chips, dispositivos médicos y nanomateriales. El área de estudio de los encuestados influyó en la respuesta sobre el lugar donde han visto los productos nano, ya que el 60% indicó ubicarlos en tiendas especializadas para laboratorios. El 62% de los encuestados opina que los nanoprodutos son seguros para la salud, indicando como motivación para esta idea el que tales productos se encuentran bajo normas de salud y ambiente.

En cuánto a la regulación del uso y comercialización, el 87% se encuentra a favor, arguyendo que todos los productos, sin importar su origen, deben ser regulados de esta manera, ya sea para evitar accidentes como para generar mayor avance en este rubro de la ciencia y la tecnología. A diferencia de algunas opiniones, que son tajantes al decir que nuestro país no puede innovar en nanotecnología y nanociencia debido a la falta de apoyo económico por parte del Estado, los participantes del CINVESTAV Norte, dicen que existe el potencial científico (gráfica 5), pero que éste se encuentra limitado por los recursos que se le otorga al ámbito de investigación y desarrollo.

La confianza reflejada es mayor en los casos de textiles, energía verde y medicamentos, contra los cosméticos, los alimentos y las armas, que presentan un menor promedio de confianza, tal y como podremos observar en el apéndice que se incluye al final sobre promedio de productos con menor o mayor grado de confianza por parte de los encuestados. Por otra parte, el 75% opina que los nanoprodutos deben ser etiquetados, ello al igual que cualquier otro producto. Para concluir, 62% opina que la regulación legal es necesaria, entre otras cuestiones, por motivos de seguridad.

GRÁFICA 5. ¿Crees que el nivel científico y tecnológico de México es suficiente para poder innovar en nanotecnología? Respuestas de los alumnos del CINVESTAV Norte.

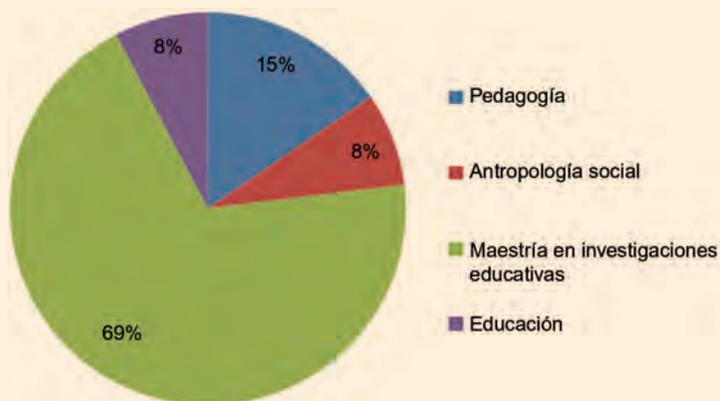


CINVESTAV SUR

En esta sede hubo más investigadores que colaboraron con nuestro cuestionario, a pesar de ser una de las sedes con menos participantes. Es por eso que el promedio de edad es de 33 años y las carreras están relacionadas con la educación y la pedagogía, existiendo sólo un antropólogo social.

El 79% se considera interesado en la ciencia y los medios informativos preferidos son las publicaciones electrónicas y la televisión.² El conocimiento y desconocimiento sobre qué es nanociencia y nanotecnología es similar (50-50). De modo similar, 43%

GRÁFICA 6. Porcentajes de alumnos encuestados por carrera del CINVESTAV Sur.



² Para consultar los porcentajes exactos, ver el apéndice final de cuadros comparativos.

opina que estos conceptos se refieren a una tecnología a pequeña escala, mientras que 7% tiene una idea apropiada de lo que es lo nano pero sin ser muy específicos.

El conocimiento y desconocimiento sobre productos nano es igualmente dividido en dos ya que 57% sostiene haberlos visto, mientras que el 43% no. Los encuestados que dijeron conocer o haber visto algún “producto nano” (que hacen uso de la nanotecnología) en establecimientos comerciales de diversa índole, refieren que son, en su mayoría aparatos electrónicos y que los han visto en tiendas de electrónica. Respecto a la cuestión de seguridad de los productos, el 57% no sabe si son seguros y en esa misma proporción no justifican su respuesta o indican no saberlo. También los encuestados argumentan que todos los productos deben ser regulados respecto a su uso y comercialización, con un 72% y 55% respectivamente. En este plantel, el 55% piensa que en nuestro país existe un gran potencial humano, pero que no cuenta con apoyo económico gubernamental apropiado.

El 79% considera que el etiquetar los productos es importante para estar informados de lo que se consume. El mismo porcentaje opina que también es importante la regulación legal de los productos nano, tanto por ser como los demás productos, como por motivos de seguridad y control que puedan ser específicos a dicho frente tecnológico.

ESCA TEPEPAN

En este plantel se aplicaron 141 encuestas a una población de entre 18 y 25 años, siendo 66% mujeres y 34% hombres. La formación de los encuestados es: contabilidad pública (77%), relaciones comerciales (22%) y negocios internacionales (1%).

Contrario a otras escuelas del Instituto Politécnico Nacional, el 33% de los individuos manifestó no estar interesado en las ciencias. Los medios de información preferidos fueron las revistas, las publicaciones electrónicas y la televisión. Por otro lado, sólo el 39% dice que sabe qué es la nanociencia y la nanotecnología: 31% piensa que es tecnología a escala muy pequeña, 1% tiene una idea de lo nano y un 7% dio una respuesta perfecta ante lo que significa nanociencia y nanotecnología. Del 30% que dijo conocer algún producto nano, el 65% dijo que éstos eran aparatos electrónicos, el 16% que eran chips, el 10% habló de medicamentos y el 5% de robots. Las respuestas sobre dónde se han visto estos productos fueron muy variadas a diferencia de otras sedes, mencionando farmacias, bancos, escuelas y hospitales, además de la respuesta más recurrente de tiendas de electrónica.

Más adelante, en la pregunta sobre la percepción sobre la seguridad de los productos, el 70% indicó no saber si los productos nano son o no seguros, 26% afirmó que sí son seguros y sólo 4% negó que lo fueran. Las razones de tales respuestas incluyen argumentos como “son [materiales] radioactivos”, “son buenos para el ambiente” (6%) y “depende de las aplicaciones” (8%), son seguros debido a que sí provienen de un estudio científico “deben” ser buenos (8%).

Denota que 67% de los encuestados dice que es necesario regular el avance de la nanotecnología y la nanociencia debido, a que con ello “se genera avance en la ciencia” (18%), porque debe existir un “control de uso y calidad” (18%) y ya que hay que “hacerlos más accesibles” a todo el espectro de potenciales consumidores (14%). El 32% no contestó o no supo dar una razón a cerca de una eventual regulación de este avance científicotecnológico.

GRÁFICA 7. Los productos nanotecnológicos, ¿por qué considera que son o no son seguros? Respuestas de estudiantes de la ESCA Tepepan.

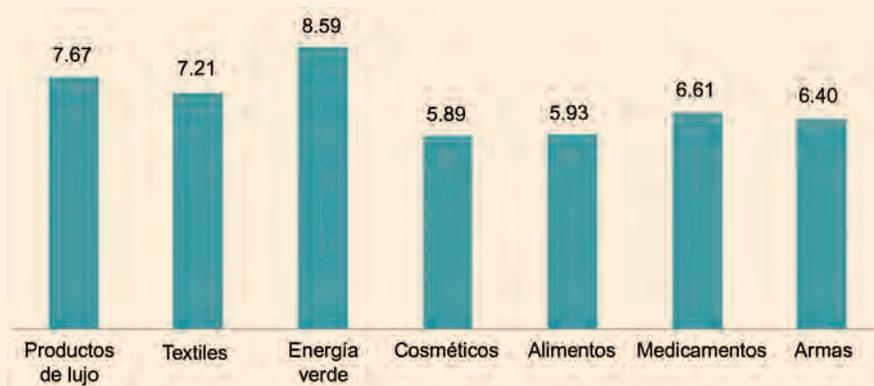


En lo que respecta a la pregunta referente a si México está en condiciones para innovar en nanociencia y nanotecnología, el 74% contestó que no, de la misma forma que en los grupos anteriores de encuestados, debido a la falta de inversiones en investigación y desarrollo por parte del Estado.

En el apartado sobre la confianza en los productos nano, el mayor promedio lo tienen la energía verde, los productos de lujo y los textiles, y el menor, las armas, los medicamentos y los alimentos (gráfica 8).

Sobre la necesidad de etiquetar los productos nano, el 70% de respuestas son afirmativas a pesar de que el 34% no justificó su posicionamiento. El 16% habló de la importancia de identificarlos y clasificarlos y un 25% de etiquetarlos como una manera de conocerlos mejor y familiarizarse con ellos. Finalmente, en lo que respecta a la regulación legal, el 63% concordó en la necesidad de hacerlo, sobre todo para apoyar a

GRÁFICA 8. Grado de confianza en el uso de productos nano de los alumnos de la ESCA Tepepan en una escala del 1 al 10 donde cero es total desconfianza y 10 es absoluta confianza.



la economía e industrias mexicanas (16%), controlar la calidad y el uso que se le da a los (nano)productos (11%) y para promover la nanotecnología (8%); no obstante, debe señalarse que en este punto 43% de los encuestados no aclaró sus razones para apoyar o rechazar la regulación de la nanotecnología.

ESIME CULHUACÁN

En esta entidad se encuestaron a 71 jóvenes entre los 18 y los 25 años de edad, quienes cursan las carreras de ingeniería mecánica e ingeniería en comunicaciones y electrónica siendo 82% hombres y sólo 18% mujeres.

Absolutamente todos los sujetos declararon considerarse interesados en la ciencia e informarse por medios electrónicos, publicaciones del IPN y revistas, según el orden de priorización. Un 79% afirmó saber qué es la nanociencia y la nanotecnología. Se registra también una incidencia mayor en los casos que tienen una idea de lo nano, ya que 26% mencionaron la escala nanométrica como referencia, mientras que el 47% presentó la definición que consistía en tecnología a escala pequeña. Sólo 4% nos brindó una respuesta perfecta, misma cifra que las respuestas fuera de contexto. El 20% no supo o no contestó el apartado de esa pregunta.

La respuesta negativa, respecto a conocer productos nanotecnológicos fue predominante, con un 61%, y el 39% restante que respondió afirmativamente, mencionó desde los aparatos electrónicos, ropa, materiales y aparatos auditivos, hasta los reactores nucleares. Contestaron haberlos visto en tiendas de electrónica y departamentales y, un 5% afirmó que la nanotecnología se encuentra en todas partes.

En torno a la seguridad de los productos nano, 62% mencionó que considera que sí lo son, teniendo una amplia variedad de respuestas que presentamos en la gráfica siguiente.

A pesar del ausentismo de respuestas concretas, en el orden del 36% del total, los encuestados que respondieron brindaron una amplia visión de sus perspectivas que,

GRÁFICA 9. Los productos nanotecnológicos, ¿por qué considera que son o no son seguros? Respuestas de los alumnos de la ESIME Culhuacán.



según nos muestran, se encuentran más favorables y muestran más confianza en esta tecnología al menos más abiertos al conocimiento de la misma que las opiniones halladas en otras sedes y que manifestaban opiniones cautelosas. Ejemplo de ello se observa en la gráfica 9, donde el 14% dice que éstos productos tienen tanto pros como contras, el 12% dice que si son producto de la ciencia deben ser beneficios, el 11% habla de que la confianza dependerá de las aplicaciones de tales productos, un 7% manifiesta que el tamaño tan pequeño de los componentes los hace inofensivos; otro 5% sostiene que se reducen costos y aportan beneficios al tiempo que otro 5% alude a que ayudan en cuestiones médicas. Un 4% dice que tienen la característica de salvar vidas y un 2% alega que están probados. Sólo un 4% evitó responder la pregunta.

En este plantel también se percibe que México no tiene un nivel suficiente como para innovar en nanotecnología (72%) debido a que, no hay apoyo económico suficiente por parte del gobierno (40%), porque el potencial existente es limitado (14%) y debido a la falta de interés en la ciencia (18%).

Como en todos los casos anteriores, las aplicaciones en energía verde se consideran merecedoras de mayor confianza con un promedio de 8.6, seguidas por las de los textiles con 7.14 y los productos de lujo con 6.88. En cambio, las aplicaciones en armas (6.04) y alimentos (5.23) tienen el menor promedio de confianza, ello superados por los cosméticos con un promedio de 4.8.

Respecto al etiquetado de productos un 79% está de acuerdo en que es necesario, de acuerdo con lo que muestra la gráfica 10.

GRÁFICA 10. ¿Por qué los alumnos de la ESIME Culhuacán consideran que se debe o no regular los productos nanotecnológicos?



El 79% de los participantes están a favor de la regulación legal de las importaciones respecto a los productos nanotecnológicos por que según se percibe, así se tendría un mayor control sobre el uso y distribución (22%) al tiempo que se apoyaría el mercado y la industria nacional (15%).

REFLEXIONES FINALES

El contacto directo con los estudiantes y docentes universitarios y la percepción que tienen sobre la nanociencia y la nanotecnología corrobora que si bien es cierto que hay un número amplio de personas que conocen este frente científicotecnológico, aún quedan muchos sectores en la esfera del desconocimiento o la falta de información adecuada. Sin embargo, denota que pese al acceso a la información e independientemente de la precisión de la misma, los resultados de percepción son muy parecidos en lo que respecta a la confianza y necesidad de regulación de los nanoproductos. En este sentido, los resultados coinciden en términos generales con las tendencias expuestas en el metanálisis de estudios de percepción social realizado por Satterfield *et al.* (2009) para el caso de países desarrollados.

Ahora bien, debe notarse que se trata de un universo de encuestados que supone ser el más leído y formado, por lo que se puede sostener que el conocimiento social sobre la temática es mayoritariamente reducido en nuestro país. La importancia de este trabajo está entonces en dar cuenta de ello, todo al tiempo que se indagan las percepciones sociales existentes —correctas e incorrectas— para poder así contar con un análisis del contexto social en y desde el cual se innova. Lo dicho ayuda a develar la importancia de lo social, no sólo en términos de aceptación o rechazo de las nuevas tecnologías, sino también en los procesos de asimilación y diseminación social de las mismas y, más aún, en la construcción sociopolítica de la agenda científica y tecnológica en tanto fundamento de la reducción práctica de costos innecesarios, tanto económicos como sociales. Sostenemos por tanto que la necesidad de estimular la comunicación, divulgación, diálogo participativo y concientización sobre la nanociencia y las nanotecnologías, sus retos, avances, implicaciones.

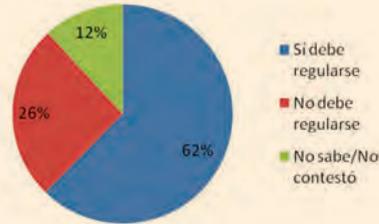
Consideramos el presente como un trabajo no conclusivo, abierto a la profundización de la búsqueda y análisis de información más extensa y cada vez más fina. No obstante, esperamos contribuir con esta entrega a la génesis de nuevos estudios sobre la sociedad y su percepción de las ciencias y las nuevas tecnologías, tanto en otros estados de nuestro país como a nivel nacional y regional. Tales estudios bien podrían contribuir en la promoción de un fructífero diálogo y alianzas que procuren fomentar, tanto el avance responsable de la ciencia y las tecnologías, como la participación social en asuntos científicotecnológicos que a corto, mediano o largo plazo, formarán, quizá, parte de nuestra vida cotidiana. Ello, sin embargo, no será lo suficientemente relevante si en el país no se destinan recursos mínimos a la educación, a la ciencia y a la innovación tecnológica.

AGRADECIMIENTOS

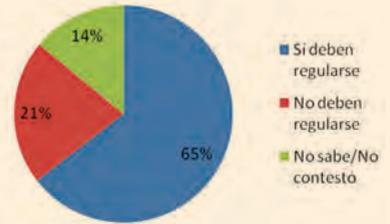
Agradecemos y damos crédito al proyecto LAB-nano (CEIICH-CONACyT). También expresamos nuestro agradecimiento a Alejandra Azucena Pozos Tovar, de la Facultad de Química de la UNAM por su colaboración y ayuda en el vaciado de encuestas y realización de gráficas, así como a Jacqueline Calderón Hinojosa, estudiante de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM por su colaboración y ayuda tanto en la aplicación como por su colaboración y observaciones.

APÉNDICE

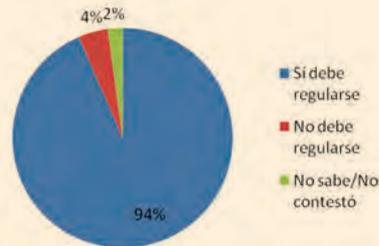
GRÁFICA 11. Porcentajes sobre regulación de uso de nanomateriales y su comercialización en la UAM-I.



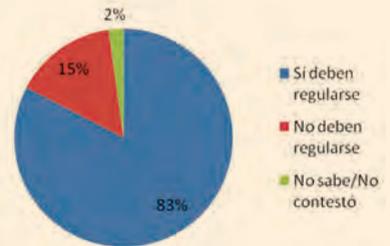
GRÁFICA 12. Porcentajes sobre regulación de importaciones de productos nano en la UAM-I.



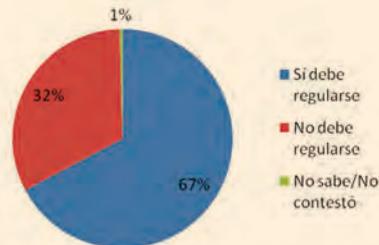
GRÁFICA 13. Porcentajes sobre regulación de uso de nanomateriales y su comercialización en la UDLAP.



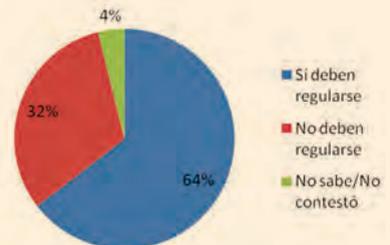
GRÁFICA 14. Porcentajes sobre regulación de importaciones de productos nano en la UDLAP.



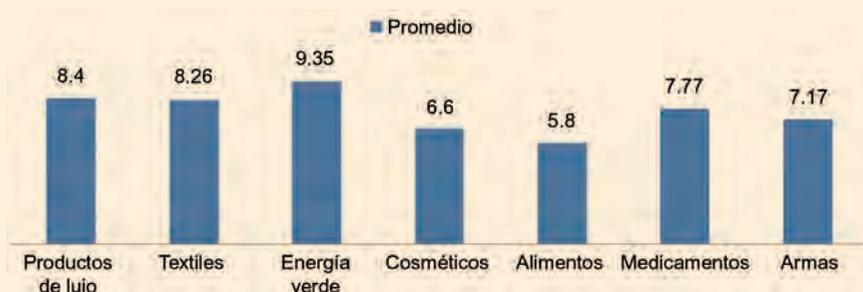
GRÁFICA 15. Porcentajes sobre regulación de uso de nanomateriales y su comercialización en sedes del IPN.



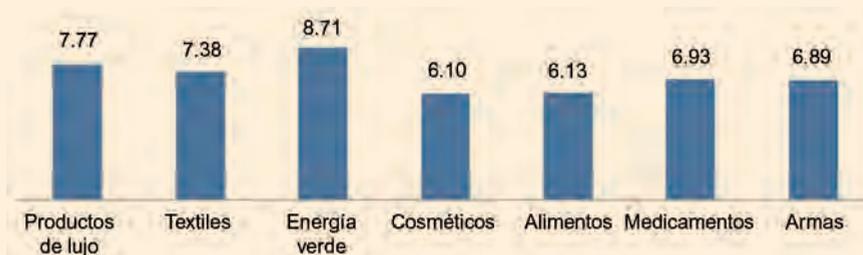
GRÁFICA 16. Porcentajes sobre la opinión acerca de la regulación de importaciones en productos nano en sedes del IPN.



GRÁFICA 17. Grado de confianza en el uso de productos nano del total de alumnos escuestados de la UAM-I en una escala del 1 al 10 donde cero es total desconfianza y 10 es absoluta confianza.



GRÁFICA 18. Grado de confianza de productos nano del total de alumnos escuestados del IPN en una escala del 1 al 10 donde cero es total desconfianza y 10 es absoluta confianza.



REFERENCIAS:

- Delgado Ramos, Gian Carlo y Peña Jiménez, Judith Sarai, (2011). "Análisis de percepción sobre la nanociencia y la nanotecnología: el caso de la comunidad universitaria de la UNAM." *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, vol. 4, núm. 1, enero-junio, México: 85-97.
- Satterfield, et al. (2009). "Anticipating the perceived risk of nanotechnologies". *Nature Nanotechnology*, vol. 4, noviembre: 752 - 758.

Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC y PYMES hacia procesos eficientes de producción de biocombustibles: I+D+i de la mano de la nanotecnología en Costa Rica

FEDERICO SOLERA JIMÉNEZ*, JOSÉ ROBERTO VEGA BAUDRIT**

SITUACIÓN ENERGÉTICA E INNOVACIÓN EN COSTA RICA

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014 identifica siete áreas programáticas de intervención estratégica: Ciencias de la Tierra y el Espacio, Nanotecnología y Nuevos Materiales, Biotecnología, Capital Natural, Salud: Enfermedades Emergentes, Energías Alternativas y Tecnologías Digitales (Ministerio de Ciencia y Tecnología 2011).

En Costa Rica, respecto al área de energías alternativas, el abastecimiento y uso sostenible de la energía representan un problema estratégico para los objetivos de desarrollo del país. Sin embargo, el tema de energías muestra una gran contradicción: a pesar del gran potencial del país para la generación de energías verdes, la mayor proporción de la energía que este consume está basada en combustibles fósiles. Así, el sector que presenta mayor dependencia de combustibles fósiles (petróleo) es el de transporte. Existe conciencia nacional sobre la necesidad de desarrollar iniciativas que complementen la directriz en política energética que propone la actual administración, que se basa principalmente en la carbono neutralidad y en la sostenibilidad y eficiencia en el uso de la energía (IV Plan Nacional de Energía 2012-2030).

La necesidad más urgente se centra en disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, en especial del petróleo, y mejorar la eficiencia energética por medio de las energías limpias. Como país que depende de la importación de combustibles fósiles, aun teniendo la capacidad de producir energía limpia, es fundamental desencadenar acciones que exploten dicha capacidad y provoquen un cambio en la matriz energética.

Es urgente que Costa Rica inicie un plan de sustitución del consumo de combustibles fósiles en el sector transporte, el más vulnerable de esa dependencia. Como ejemplos exitosos en el mundo en general, países como Portugal, Alemania e Islandia, entre otros, han logrado cambios sustantivos en el corto plazo. Costa Rica se ha propuesto la neutralidad en emisiones de carbono y el logro de esta meta está directamente relacionado con los cambios que se hagan en la matriz energética.

* Investigador Asociado. Laboratorio Nacional de Nanotecnología. Dirección Postal: 1174-1200 Pavas. San José. Correo electrónico: fsolera@cenat.ac.cr Fax: (506) 2232 0423.

** Director General. Laboratorio Nacional de Nanotecnología. Correo electrónico: jvegab@cenat.ac.cr.

Tres cuartas partes del consumo energético proviene de hidrocarburos: un problema de raíces macroeconómicas más que de la mera dependencia energética del país. (IV Plan Nacional de Energía 2012-2030).

Como iniciativa importante para el país sobresale la Política Energética Nacional 2010-2014, basada en producir energía limpia en forma amigable con el ambiente, disminuir la dependencia del petróleo, sustituir los combustibles fósiles, contar con un sistema eficiente de transporte, hacer más competitivas las instituciones relacionadas con el sector y promover el uso de tecnología digital para evitar el desplazamiento de las personas.

Sobresale también el VI Plan Nacional de Energía 2012-2030 de Costa Rica, presentado por la Dirección Sectorial de Energía del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, donde se puede concluir que las expectativas de crecimiento económico nacional, con tasas promedio del PIB del 5% anual en los próximos 15 años, hacen prever incrementos importantes en el consumo de energía, que dejan corto la oferta actual. Por ejemplo, sólo para el año 2016, la demanda de energía se duplicará, lo que obliga a actuar de modo que el crecimiento del sector se planifique correctamente, haciendo un esfuerzo por lograr la mayor eficiencia posible tanto en la oferta como en el consumo de la energía.

Así, el Plan Nacional de Energía plantea estrategias en las áreas de desarrollo de potencial energético, producción e importación, almacenamiento, transporte y distribución, administración de la demanda, financiamiento y política de precios, el área institucional y organización y conservación de recursos y ambiente. La política energética se propone lograr una oferta energética de calidad y con precios competitivos, con participación pública y privada en el marco de regulaciones claras y transparentes, que respete y promueva el proceso de gestión integrada de cuencas, con participación creciente y sostenida de fuentes nuevas y renovables y menos contaminantes, con prevención y mitigación de las afectaciones ambientales, con menor vulnerabilidad y riesgos en todas las etapas de la cadena. Por otro lado, busca racionalidad y eficiencia en el uso de la energía, con empleo de tecnologías que permitan el aprovechamiento de fuentes alternas y equipamiento de mayor eficiencia, confiable y ambientalmente amigable, contando para ello con una cultura de uso racional en todos los sectores de consumo.

Cabe destacar también el Programa Nacional de Biocombustibles propuesto en 2008, que, en su rubro de Investigación y Desarrollo de la Bioenergética Nacional, busca impulsar el fortalecimiento del conocimiento científicotecnológico local para apoyar la producción y uso de biocombustibles, proponiendo la creación de un sistema de financiamiento para la investigación de la bioenergética nacional, para cubrir las necesidades de I+D, y la generación de experiencias en proyectos de biocombustibles. Esto basado en un modelo que plantea trabajar en tres ejes: sostenibilidad ambiental de los factores de producción, eficiencia productiva y nuevas variedades.

Pese a este panorama nacional, aún son escasas las iniciativas tanto públicas como privadas para incursionar tanto en la producción de biocombustibles, como en la I+D+i que optimice energética y ambientalmente la producción, para la generación de ventajas competitivas que consistirían en nuevas fuentes de materias primas, procesos tecnológicos eficientes para su aprovechamiento, generando productos de alta calidad, que cubran la creciente demanda energética nacional, e inclusive el país podría exportar estas eventuales nuevas tecnologías.

LANOTEC EN ALIANZA CON PYMES COMO INICIATIVA HACIA UNA PRODUCCIÓN EFICIENTE DE BIOCOMBUSTIBLES

Desde hace unos diez años, Costa Rica ha venido sumándose paulatinamente a la tendencia mundial de acercamiento cada vez mayor entre el sector productivo (desde las corporaciones multinacionales hasta la pequeña y micro empresa), el sector gubernamental, y el sector académico, éste como impulsor de la investigación y conocimiento. Una mayor y más profunda colaboración entre estos sectores implica un mejor y mayor desarrollo del país.

LANOTEC es un espacio de investigación interdisciplinario cuya misión es el desarrollo científico y tecnológico a través de la aplicación de nanociencia y nanotecnología a la resolución de problemas, así como la transferencia de conocimientos desde el espacio académico hacia la industria

Bioenergy Solutions of Central America S. A. (BSCA) es un emprendimiento (PYME) fundado en 2010 cuya creación tiene como objetivo, colaborar con la política energética nacional mediante la I+D+i y comercialización, centrándose en tres ejes fundamentales e innovadores que son 1) la implementación y optimización energética y ambiental, de procesos agroindustriales de cultivos bioenergéticos, 2) la producción de biocombustibles de tercera generación (producidos a partir de microrganismos), y, 3) soluciones bioenergéticas y mejoramiento de las propiedades de los biocombustibles mediante herramientas de nano y biotecnología.

Actualmente, LANOTEC trabaja en varios proyectos en asociación con dicha empresa, y, a su vez, la empresa trabaja en asociación con otras empresas, por ejemplo, la empresa pública estadounidense Alternative Fuels Americas Inc. (AFAI) y la empresa nacional Agronegocios de Costa Rica S.A.

Como iniciativa de colaboración con el VI Plan Nacional de Energía 2012–2030 de Costa Rica, así como con el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011–2014, y el Programa Nacional de Biocombustibles, el laboratorio y la empresa, entes estatal y privado, se han asociado, tanto para colaborar con los planes de desarrollo anteriormente citados, como para empezar a agilizar y proponer los nuevos modelos de innovación con alianzas PYMES-academia implementados exitosamente en países desarrollados.

Hoy por hoy, LANOTEC y BSCA desarrollan, entre otras iniciativas, proyectos consistentes en el diseño e implementación de una planta piloto de extracción de aceites de microorganismos oleaginosos; un método alternativo altamente eficiente para la transesterificación de dichos aceites; así como el mejoramiento de las propiedades de biocombustibles en general, todo utilizando herramientas de la nanotecnología. El objetivo máximo de dichos proyectos es el escalamiento industrial de estos procesos y poner en el mercado nacional un biodiesel de alta calidad, que contribuya a cubrir la creciente demanda energética nacional.

Parte de estos proyectos son financiados, además de LANOTEC y la empresa, por la Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA).

Se está en la elaboración de más iniciativas de este tipo, bajo la alianza LANOTEC-PYMES, para el impulso de la I+D+i en materia energética, con miras a solventar los problemas energéticos nacionales, con el consecuente desarrollo nuevas empresas de alta tecnología que impulsen un encadenamiento económico que impacte de manera importante el desarrollo del país.

REFERENCIAS

Ministerio de Ambiente y Energía. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2008). Programa Nacional de Biocombustibles. MAG-MINAE. República de Costa Rica.

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Dirección Sectorial de Energía. (2011). VI Plan Nacional de Energía 2012-2030. MINAET-DSE. República de Costa Rica.

Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2011). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. ISBN: 978-9968-732-33-8. República de Costa Rica.

THE CLUSTER INITIATIVE GREENBOOK*
**DE ÖRJAN SÖLVELL, GÖRAN LINDQUIST,
CHRISTIAN KETELS.**

POR JUDITH SARAÍ PEÑA JIMÉNEZ

El concepto de clúster ha emergido como una de las ideas centrales de competitividad en el desarrollo económico de la última década. De acuerdo con la literatura existente sobre el tema, las razones para la formación de un clúster —o “grupo” de actores clave—, así como los beneficios de su productividad e innovación, son cada vez más conocidos. No obstante los esfuerzos de análisis, incluyendo aquellos de índole estadística, apenas están comenzando y por tanto aún son limitados, ello además de que es patente una importante carencia de datos e indicadores, especialmente fuera de Estados Unidos.

Estos clústers, netamente de carácter empresarial, se están volviendo un componente de peso en los planes de desarrollo nacional y regional ya que cientos de iniciativas de grupos envuelven virtualmente a cada región del mundo, y siguen incrementándose. Estas iniciativas, que tienen una enorme variedad están comenzando a ser aceptadas como parte emblemática de los impulsos al desarrollo económico pese a que se cuenta, sorprendentemente, con un muy reducido conocimiento sistematizado de tales iniciativas, de su estructura y sus resultados reales. Por ello es que, según los autores, se identifica y se vuelve urgente la necesidad de más recursos para fomentar el desarrollo de los grupos empresariales y la necesidad de entender mejor sus prácticas. *El libro verde de las Iniciativas de Clúster*, su nombre en español, es un esfuerzo pionero que supone llenar tal vacío ya que, en principio, ofrece estudios con base en evidencias de una larga lista de iniciativas de clústers.



Los datos permiten a los autores el análisis de diversas formas de iniciativas de clúster, cómo es que evolucionan con el paso del tiempo y algunos factores que parecen influenciar sus éxitos o fracasos. En tanto que aún se tiene mucho que aprender en relación con los clúster en la práctica, este volumen intenta entonces dar un paso adelante. El objetivo semilla fue brindar

* <<http://www.cluster-research.org/greenbook.htm>>

a los participantes de la 6ta Conferencia Global TCI, con sede en Gotemburgo, Suecia, en septiembre de 2003, un resumen de las prácticas en organización e implementación de las iniciativas de clústers alrededor del mundo, así como también a los políticos y líderes de negocios entre algunos otros actores involucrados en ese tipo de iniciativas, todo con el objeto de observar de primera mano las *llaves del éxito* de éstas.

Según la publicación en cuestión, las iniciativas de clúster son esfuerzos organizados para incrementar el crecimiento y la competitividad de los grupos dentro de una región, incluyendo grupos de firmas, gobiernos y de investigación comunitaria. Inspirados en los trabajos de Michael E. Porter, los líderes gubernamentales, líderes industriales y líderes académicos están creando, sostienen los autores, nuevas formas de asociaciones en todo el mundo.

Basados en más de 250 iniciativas alrededor del mundo se describe y analiza con detalle, los

ámbitos que incluyen, los objetivos que persiguen, cómo es el proceso de iniciativa de grupos y de qué depende su buen desempeño.

El modelo de desempeño de las iniciativas de clúster supone estar basado en cuatro componentes conductores: (1) el entorno social, (2) político y (3) económico de la nación y (4) los objetivos de la iniciativa misma que es el proceso por el cual la agrupación desarrolla el rendimiento del clúster. Cada uno de estos componentes comprende diversos factores (ver cuadro siguiente).

ENCUESTA GLOBAL DE INICIATIVAS DE CLÚSTER¹

La encuesta de 2003 encontró más de 500 iniciativas de clúster a nivel mundial, principalmente en Europa, Norteamérica, Nueva Zelanda y Australia. 238 de ellas completaron la encuesta en

<p>Sus objetivos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigación y creación de redes • Política de acción • Cooperación comercial • Educación y capacitación • Innovación y tecnología • Expansión del grupo 	<p>Siguiendo un proceso de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Iniciación y planeación • Gobernanza y financiamiento • Campos de acción de los miembros • Recursos y facilitadores • Marco y consenso • Empuje
<p>Basados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo • Política • Fortalecimiento del grupo 	<p>Rendimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Competitividad • Crecimiento • Cumplimiento de metas

¹ La *Global Cluster Initiative Survey* (GCIS, Encuesta Global de Iniciativas de Cluster) es un proyecto de investigación que explora proyectos de competitividad microeconómica por todo el mundo. Estos proyectos pueden aparecer en varias formas y conocerse por distintos nombres (por ejemplo: redes de desarrollo de pequeñas y medianas empresas, proyectos de clúster, iniciativas regionales de competitividad, parques científicos), pero todos pueden designarse iniciativas de clúster. Utilizando una encuesta en línea, la GCIS recoge datos sistemáticos sobre la manera de organizarse de estos proyectos, cómo funcionan, y qué impacto tienen. También cubre el contexto económico y social en que se realiza cada proyecto. El propósito es contribuir al conocimiento de las prácticas y los motivadores de los logros. La GCIS se llevó a cabo por primera vez en 2003, y produjo la primera base de referencia a gran escala de iniciativas de clúster en distintos lugares del mundo. La encuesta fue financiada por la Agencia Sueca de Sistemas de Innovación (VINNOVA), y los resultados fueron presentados en el *Cluster Initiative Greenbook*, puesto en circulación por primera vez en la 6ta conferencia global de *The Competitiveness Institute*, en Gotemburgo, septiembre de 2003. Fuente: <http://www.cluster-research.org/gcis_spa.htm>.

línea representando un amplio rango de áreas tecnológicas. La encuesta cubrió los cuatro componentes del Modelo de Rendimiento de Iniciativas de clúster antes descrito, al tiempo que también reveló, entre otras cuestiones, que:

1. Todas las iniciativas son y presentan características únicas, y dependiendo del país donde se realicen variará el grado de iniciación, financiamiento y organización.
2. Las Iniciativas de Clúster (IC) son más frecuentes en los países desarrollados que en los países en vías de crecimiento ya que tienden a aplicar tecnologías complejas y desarrolladas para ser empleadas en áreas como la médica, la producción de más tecnología, equipos de comunicación, biofarmacéutica y cuestiones automotrices, por ejemplo.
3. La mayoría de las IC, como las llamaremos a partir de este momento, se encuentran en países donde la ciencia y la tecnología tienen un respaldo presupuestario y en los que los gobiernos juegan un papel muy importante para su desarrollo por medio de los recursos invertidos.
4. Las IC ocurren en clústers que tienen importancia nacional o inclusive, regional.
5. Los objetivos de las IC varían enormemente y mientras unas los alcanzan otras ni siquiera se acercan a ellos.

DESEMPEÑO DE LOS CLÚSTERS

El desempeño de un clúster es medido a partir de tres dimensiones:

1. Innovación y competitividad internacional
2. Crecimiento del clúster.
3. Alcance de las metas.

Esta primera medida involucra las mejoras en las áreas de competitividad internacional que unen la industria con la investigación, así como

la emergencia de nuevas tecnologías. El crecimiento involucra tanto el crecimiento a nivel internacional como la formación de nuevas formas, el crecimiento externo y el hecho de atraer nuevas firmas al clúster.

El alcance de las metas toma en cuenta tanto el grado en el que éstas se encuentran, como los plazos fijados y el nivel en el cuál las IC y sus actividades son conocidas por sus miembros. En los últimos tiempos, ha habido un gran estudio de las IC, generalmente basados sólo en un caso o en una región geográfica. Se trata de estudios que se considera pueden ayudar a discernir cómo funcionan las clústers y el grado de éxito o fracaso que tienen las IC.

Según los autores, muchas de las IC difieren en su base, sus objetivos y su organización, y esto, evidentemente, hace que de la misma manera su desempeño varíe. Es ésta, entonces, la finalidad principal de las encuestas sobre las clústers y sus IC: la de lograr medir el desempeño de cada una de las IC a lo largo de su proceso de vida, que como ya se mencionó, consiste en la competitividad, el crecimiento y las metas cumplidas.

La medición del éxito-fracaso es en algunos casos, muy difícil de lograr, ya que se deben definir criterios cualitativos y cuantitativos para cada caso específico de clúster, por lo que los grados de éxito-fracaso, son, entonces, totalmente variables y no existe ningún estándar que sea generalizable.

Los resultados que arrojan estos estudios son un factor determinante para que otros países se sientan atraídos por una IC y tomen la decisión de entrar o no en ella, por lo cual deben realizarse con mucho cuidado los criterios de especificidad ya mencionados y utilizar métodos estadísticos internacionalmente reconocidos, como la escala Likert y la escala de asociación (correlación) Somer's D.

El establecimiento de los objetivos va de la mano del rendimiento de la IC, ya que en ellos se encuentra implícito si tendrán una mayor competitividad y por ende atraerán a más firmas, ergo, informan los autores, serán más exitosas.

LAS INICIATIVAS PILOTO

El Ministerio de Economía seleccionó tres clústers para convertirlas en piloto, y se identificaron los potenciales clústers que prometían para ser seleccionadas, la automotriz y la de transporte, además de una tercera, la de fabricación de herramientas, que sería contemplada desde el inicio como una ramificación del clúster automotriz.

El gobierno fungió como financiador de los clústerspiloto durante un año con opción a renovación de otro año. Se subsidiaron 40% de los gastos referentes a la IC y las compañías pagaron el 60% restante. El gobierno no tenía ninguna injerencia en los asuntos de planeación u organización de los clústers, sino que sólo aportaba recursos económicos.

En particular, destaca el caso del clúster automotriz de Eslovenia, un grupo de manufactureras de diversos tamaños que se consolidaron para producir coordinadamente una gran variedad de componentes, por ejemplo, para la industria automotrizalemana. Durante una asamblea en 2003, la ACS incluyó a 22 miembros de compañías y a 5 instituciones y facultades de investigación. Juntos, eligieron directivos y comenzaron a transformar la industria automotriz eslovena en un gran proveedor de sistemas especializados con un alto valor agregado en los productos.

Uno de los resultados es que virtualmente no tiene ningún competidor.

LAS IC PARA LA NUEVA ERA

Como pudimos observar, las IC son un esfuerzo organizado para el crecimiento y la competitividad de los clústers, que se están convirtiendo en una importante vía para la estructuración de políticas económicas en muchos países, pero también constituyen el medio de fortalecimiento de los lazos entre el gobierno, la industria y la academia. A pesar de esto, las estadísticas arrojan que hay aún fragilidad detrás de ciertas iniciativas de clústers en tanto que muchos no son completamente independientes y dependen económicamente de diversos organismos.

La evidencia que aquí se presenta busca identificar los puntos que continúan constituyendo obstáculos para el éxito verdadero de los clústers, trabajar en su desvanecimiento y en el crecimiento cada vez mayor de los clústers.

EL PITT, EJEMPLO DE CLÚSTER MEXICANO

A lo largo de este texto pudimos observar qué es una iniciativa de clúster y en qué consiste su puesta en marcha. En México, a pesar de ser un país en que la inversión en investigación y desarrollo no es tan alta como se desearía, existen varios proyectos que están rompiendo paradigmas en este ámbito y uno de ellos es el del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, PIIT.

Este Parque, ubicado en Apodaca, Nuevo León, tuvo su origen en una conversación de Jaime Parada Ávila, ex director de CONACyT y el ex gobernador del Estado de Nuevo León, José Natividad González Parás, en donde se discutió la necesidad de crear un lugar que albergara a los tres pilares de toda sociedad del conocimiento y próspera económicamente, las universidades, el gobierno y el sector empresarial.

En este multidisciplinario parque de producción del conocimiento y la innovación tecnológica se albergan 12 centros de investigación científica consolidados en áreas diversas como la nanotecnología, la biotecnología y la mecatrónica, entre otras, así como otros 10 centros aún en construcción.

La relación con el *Clúster Initiative Greenbook*, la encontramos en el hecho de que, este parque ha sido construido con una inversión de 300 MDD hasta el momento, 200 pertenecientes a la inversión privada y 100 al sector público y en él se pueden encontrar académicos e investigadores de las más prestigiosas universidades mexicanas, miembros del gobierno de estado e instituciones y empresas privadas multinacionales que trabajan en conjunto para la producción de bienes y servicios de alta calidad, producidos por el intenso trabajo de todos los actores en conjunto, que se benefician mutuamente con las capacidades que la multidisciplinaria otorga en un ambiente de trabajo donde cada

uno aporta su especialidad para crear trabajos a nivel macro.

Se ha logrado que el parque esté en funcionamiento en un tercio del tiempo que se tenía contemplado, demostrando que con el esfuerzo conjunto de los actores científicos y el deseo de estar a la vanguardia en innovación tecnológica pueden lograrse proyectos a gran escala y de altísima calidad, siempre enarbolando la ayuda mutua de los tres sectores ya mencionados.

Por lo que podemos observar, en México existe la capacidad para crear iniciativas de clúster que generan grandes frutos en diversas áreas del conocimiento, aportando la satisfacción de las necesidades de los mercados

nacional e internacional y llevando más allá el nombre de nuestro país en pos de la mejora tecnológica constante.

Sin embargo, aún hay regiones del país donde existe el potencial para crear iniciativas de clúster como el PIIT, de acuerdo con las características propias de los lugares y tomando a los investigadores, empresas y funcionarios públicos de cada región. La propuesta del PIIT, entonces, es un ejemplo de éxito de clúster que puede tomarse como referencia para la creación de más parques que coadyuven en la generación científica y tecnológica de mejores y más productivos sistemas y proyectos para el bienestar social y económico de México.

LIBROS E INFORMES

NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA EN ESPAÑA.

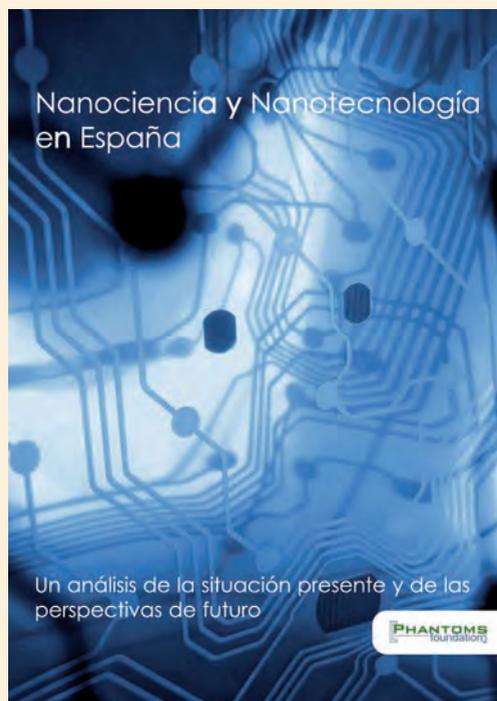
UN ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PRESENTE Y DE LAS PERSPECTIVAS DE FUTURO

CORREIA, ANTONI (COORD.)

PHANTON FOUNDATION

ESPAÑA

2008



El principal objetivo de este documento es presentar una visión global de la situación actual de las actividades en nanociencia y nanotecnología en España.

Compila la visión de varios expertos que se han constituido en testigos de los movimientos que están sucediendo en cada una de las áreas temáticas consideradas en el informe: energía, nanobiología y nanomedicina, nanoelectrónica y electrónica molecular, nanomateriales, nanometrología, nanoóptica y nanofotónica, nanotubos, nanoquímica y teoría, modelado y simulación.

Busca proporcionar al lector información sobre el estado de la nanociencia y nanotecnología en España con el objeto de ser útil a la planificación de políticas científicas.

§

Disponible en:

<<http://t3innovacion.larioja.org/uploads/media/NanocienciaEnEspana.pdf>>.

THE IMPACTS OF NANOTECHNOLOGY ON COMPANIES.

POLICY INSIGHTS FROM CASE STUDIES

OECD PUBLISHING

PARÍS, FRANCIA

2010

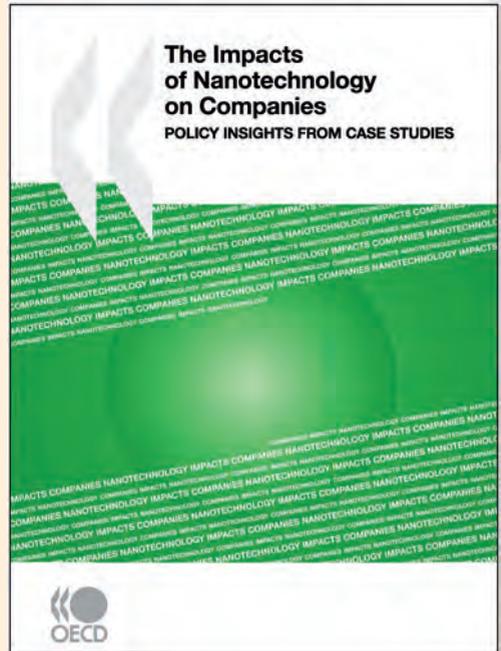
Informe preparado como resultado de un taller realizado en octubre de 2008 en Helsinki por el Grupo de Trabajo en Nanotecnología de la OECD con el objeto de proveer información a los políticos sobre el estado de situación y potencial de la comercialización de la nanotecnología.

Se basa en múltiples estudios de caso organizados de modo tal que se intenta ofrecer un análisis que busca mostrar los retos, nuevos y específicos, que acarrea consigo el desarrollo nanotecnológico para el sector empresarial.

Ofrece una valoración de definiciones y posibles impactos económicos; una revisión los estudios previos sobre el desarrollo nanotecnológico y la comercialización de la nanotecnología; así como una lectura de diversos estudios de caso. Cierra proponiendo, desde la visión de la OECD, algunas cuestiones relativas a regulación y sus implicaciones.

§

Disponible en:
<www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-impacts-of-nanotechnology-on-companies_9789264094635-en>.



EL MERCADO DE LA NANOTECNOLOGÍA EN HONG KONG

INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR

OFICINA ECONÓMICA Y COMERCIAL DE LA EMBAJADA EN ESPAÑA DE HONG KONG

MARZO DE 2011



Informe que ofrece una revisión panorámica del avance de la nanociencia y las nanotecnologías en Hong Kong, así como del empuje y amplitud del mercado de nanoproducidos. La revisión se hace en contraste con las dinámicas de la región Asiática.

Revisa algunos rasgos de las áreas de mayor interés como la medioambiental, energía, electrónica, nanomateriales diversos y textiles. Para ello describe algunos descubrimientos que se consideran de repercusión mundial.

Se cierra haciendo mención de los principales centros de investigación y universidades involucradas en el avance de la nanociencia y nanotecnologías en ese país, así como del tejido empresarial y de los esquemas de cooperación emplazados con el objeto de hacer un llamado a acercarse a ese país y al atractivo del estímulo que se le dan a las nanotecnologías.

§

Disponible en:

<www.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4554847>.

EL MERCADO DE LA NANOTECNOLOGÍA EN ISRAEL
INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR OFICINA ECONÓMICA
Y COMERCIAL DE LA EMBAJADA EN ESPAÑA EN TEL AVIV
SEPTIEMBRE DE 2011

Los programas de financiamiento del gobierno israelí, que supusieron un gran estímulo para apoyar la nanoinvestigación se iniciaron en 2005.

Los resultados son ya notables, especialmente si se tiene en cuenta el reducido tamaño del país. Los más de 900 investigadores de nanotecnología que trabajan en los seis centros de investigación académicos existentes en el país o en empresas del sector han solicitado unas 400 patentes, de las cuales, al menos 89 han sido ya aceptadas. Se han realizado 389 colaboraciones entre los centros académicos y la industria y los investigadores han publicado más de 3 mil artículos científicos. La industria nanotecnológica también ha crecido y actualmente hay poco menos de un centenar de empresas que comercializan o investigan productos nanotecnológicos.

El informe presenta una revisión panorámica del potencial nano en Israel, del tamaño del mercado y de las posibilidades de cooperación.

§

Disponible en:

<<http://www.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4549219>>.



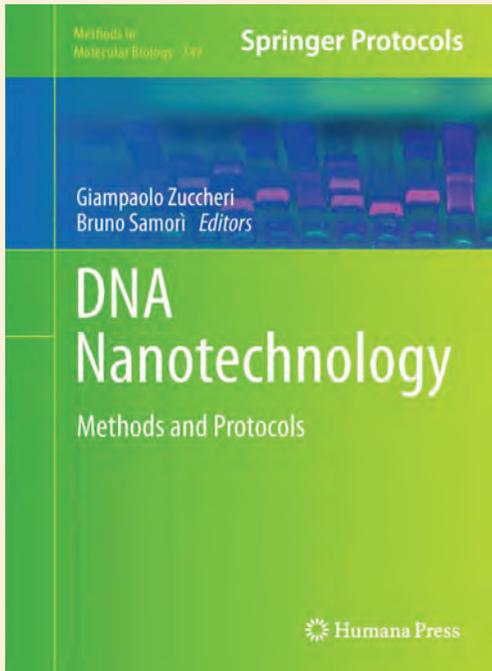
DNA NANOTECHNOLOGY. METHODS AND PROTOCOLS

ZUCCHERI, GIAMPAOLO Y SAMORÍ, BRUNO

HUMANA PRESS-SPRINGER

NUEVA YORK / LONDRES

2001



El ADN desempeña un doble papel central en la nanotecnología. En primer lugar, sus propiedades en la actualidad se puede estudiar con un detalle sin precedentes gracias a los nuevos instrumentales nano (bio), las tecnologías y conocimientos nuevos en torno al comportamiento biológico y la función del ADN, y al diseño experimental inteligente. En segundo lugar, la molécula de ADN puede ser descontextualizada y “simplemente” empleada como un co-polimero con reglas de interacción diseñados. El código de emparejamiento Watson-Crick se puede aprovechar en la aplicación de los más complicados y elegantes autoensamblajes moleculares. Después de contribución Ned Seeman, las estructuras ramificadas elegantemente complicadas pueden ser trenzadas y unidas a la construcción de nano-objetos de prácticamente cualquier forma. Entre otras cuestiones, este libro trata de mostrar los procedimientos a seguir para repetir algunos de los métodos que conducen a tales construcciones, o para el dominio de las técnicas de caracterización utilizados para su estudio.

Las contribuciones de los especialistas que reúne la obra van desde la síntesis y caracterización de nanotestructuras autoensambladas de ADN, al establecimiento de protocolos para el autoensmblaje, el control de propiedades, la preparación de nanotestructuras, el desarrollo de prácticas óptimas para el análisis y caracterización, y el modelamiento de nanoestructuras con ADN y sus propiedades.

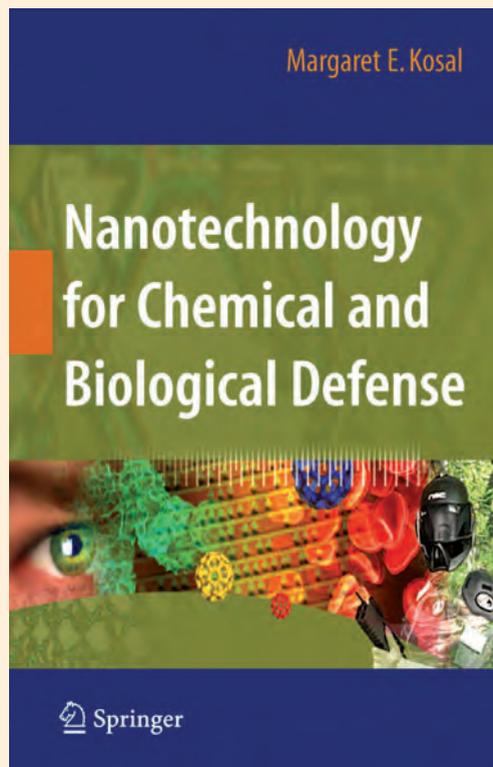
El libro busca estimular la actividad en este joven campo de investigación que demanda numerosas investigaciones para llenar múltiples áreas de conocimiento aún en desarrollo.

NANOTECHNOLOGY FOR CHEMICAL AND BIOLOGICAL DEFENSE**KOSAL, MARGARET****SPRINGER****LONDRES / NUEVA YORK****2009**

Las nuevas tecnologías están surgiendo a un ritmo sin precedentes en todo el mundo. La comunicación de los nuevos descubrimientos está ocurriendo más rápido que nunca, lo que significa que la propiedad única de una pieza de alguna nueva tecnología ya no es una posición suficiente. En el mundo actual, el reconocimiento de las posibles aplicaciones de una tecnología y un sentido de propósito en su explotación son cuestiones mucho más importantes que el simple hecho de tener acceso a ella.

En este contexto, denota el hecho de que la nanotecnología se ha convertido en una disciplina bien financiada que, como la biotecnología, conlleva el potencial de las aplicaciones innovadoras y el potencial de daño imprevisible. El mundo está probablemente a 20 años de distancia del desarrollo e impacto real de la nanotecnología en capacidades defensivas. Ha llegado pues el momento de explorar el potencial de la nueva ciencia y los nuevos avances. Es el momento de comenzar el pensamiento estratégico necesario para lograr, explotar y defenderse de esos descubrimientos.

El libro, escrito desde la perspectiva conservadora de defensa de Estados Unidos, tiene por objeto ayudar a un mejor e informado debate sobre el potencial papel e impacto de la nanotecnología. Para ello, se identifican las líneas de investigación en ciencia básica y aplicada que puede fomentar avances trascendentales en la nanotecnología basada en contramedidas químicas y biológicas. Además, se procura: (a) dar a los políticos una hoja de ruta estratégica para proporcionar una base para la toma de decisiones relativas a la investigación en contramedidas químicas y biológicas basadas en nanotecnología; (b) proporcionar una visión general de los retos actuales y futuros asociados con la defensa químicobiológica, tanto para las operaciones mi-



litares, como de seguridad nacional; (c) proporcionar una visión de la proliferación potencial futura y la cooptación negativa de tecnologías emergentes, como la nanotecnología; (d) considerar el impacto del entorno cambiante en el que opera la milicia, así como de las implicaciones para promover la investigación en contramedidas químicobiológicas; (e) resaltar los logros y los retos actuales en la estructura organizativa y la gestión de la investigación relacionada con la defensa química y biológica, así como de la investigación nanotecnológica en EUA.

INSTRUCTIVO PARA AUTORES

MUNDO NANO. REVISTA INTERDISCIPLINARIA EN NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA INVITA A ENVIAR COLABORACIONES PARA SU SIGUIENTE NÚMERO.

LAS COLABORACIONES DEBEN AJUSTARSE AL OBJETIVO PRINCIPAL DE LA REVISTA, ESTO ES, DISEMINAR LOS AVANCES Y RESULTADOS DEL QUEHACER CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO EN LAS ÁREAS DE LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA POR MEDIO DE ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN ESCRITOS EN ESPAÑOL. ESTA PUBLICACIÓN ESTÁ DIRIGIDA A UN PÚBLICO INTERESADO EN AUMENTAR SUS CONOCIMIENTOS SOBRE LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA. DESEAMOS INCLUIR ENTRE NUESTROS LECTORES TANTO A PROFESIONISTAS COMO A ESTUDIANTES. LA REVISTA ESTÁ ORGANIZADA EN LAS SIGUIENTES SECCIONES:

CARTAS DE LOS LECTORES

CARTAS DE LOS LECTORES CON SUGERENCIAS, COMENTARIOS O CRÍTICAS. COMENTARIOS SOBRE ARTÍCULOS APARECIDOS EN NÚMEROS ANTERIORES DE LA REVISTA.

NOTICIAS

NOTAS BREVES QUE EXPLIQUEN DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS, ACTOS ACADÉMICOS, RECONOCIMIENTOS IMPORTANTES OTORGADOS.

ARTÍCULOS

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN SOBRE ASPECTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS, POLÍTICO-ECONÓMICOS, ÉTICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES DE LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA. DEBEN PLANTEAR ASPECTOS ACTUALES DEL TEMA ESCOGIDO Y DAR TODA LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA QUE UN LECTOR NO ESPECIALISTA EN EL TEMA LO PUEDA ENTENDER. SE DEBERÁ HACER HINCAPIÉ EN LAS CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES Y MANTENER UNA ALTA CALIDAD DE CONTENIDO Y ANÁLISIS. (DEBERÁN INICIAR CON EL RESUMEN Y PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL SEGUIDOS DEL RESPECTIVO ABSTRACT Y KEYWORDS EN INGLÉS).

RESEÑAS DE LIBROS

RESEÑAS SOBRE LIBROS PUBLICADOS RECIENTEMENTE EN EL ÁREA DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA.

IMÁGENES

SE PUBLICARÁN LAS MEJORES FOTOS O ILUSTRACIONES EN NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA, LAS CUALES SERÁN ESCOGIDAS POR EL COMITÉ EDITORIAL.

MECANISMO EDITORIAL

▼ **I** TODA CONTRIBUCIÓN SERÁ EVALUADA POR EXPERTOS EN LA MATERIA. LOS CRITERIOS QUE SE APLICARÁN PARA DECIDIR SOBRE LA PUBLICACIÓN DEL MANUSCRITO SERÁN LA CALIDAD CIENTÍFICA DEL TRABAJO, LA PRECISIÓN DE LA INFORMACIÓN, EL INTERÉS GENERAL DEL TEMA Y EL LENGUAJE CLARO Y COMPRENSIBLE UTILIZADO EN LA REDACCIÓN. LOS TRABAJOS ACEPTADOS SERÁN REVISADOS POR UN EDITOR DE ESTILO. LA VERSIÓN FINAL DEL ARTÍCULO DEBERÁ SER APROBADA POR EL AUTOR, SÓLO EN CASO DE HABER CAMBIOS SUSTANCIALES. LOS ARTÍCULOS DEBERÁN SER ENVIADOS POR CORREO ELECTRÓNICO A AMBOS EDITORES CON COPIA AL EDITOR ASOCIADO DE LA REVISTA MÁS

AÑIN AL TEMA DEL ARTÍCULO Y CON COPIA A MONDUNO@CNYN.UNAM.MX.

▼ **II** LOS MANUSCRITOS CUMPLIRÁN CON LOS SIGUIENTES LINEAMIENTOS:

- A) ESTAR ESCRITOS EN MICROSOFT WORD, EN PÁGINA TAMAÑO CARTA, Y TIPOGRAFÍA TIMES NEW ROMAN EN 12 PUNTOS, A ESPACIO Y MEDIO. TAMAÑO MÁXIMO DE LAS CONTRIBUCIONES: NOTICIAS, UNA PÁGINA; CARTAS DE LOS LECTORES, DOS PÁGINAS; RESEÑAS DE LIBROS, TRES PÁGINAS; ARTÍCULOS COMPLETOS, QUINCE PÁGINAS.
- B) EN LA PRIMERA PÁGINA DEBERÁ APARECER EL TÍTULO DEL ARTÍCULO, EL CUAL DEBERÁ SER CORTO Y ATRACTIVO; EL NOMBRE DEL AUTOR O AUTORES; EL DE SUS INSTITUCIONES DE ADSCRIPCIÓN CON LAS DIRECCIONES POSTALES Y ELECTRÓNICAS, ASÍ COMO LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS Y DE FAX.
- C) ENVIAR UN BREVE ANEXO QUE CONTENGA: RESUMEN DEL ARTÍCULO, IMPORTANCIA DE SU DIVULGACIÓN Y UN RESUMEN CURRICULAR DE CADA AUTOR QUE INCLUYA: NOMBRE, GRADO ACADÉMICO O EXPERIENCIA PROFESIONAL, NÚMERO DE PUBLICACIONES, DISTINCIONES Y PROYECTOS MÁS RELEVANTES.
- D) LAS REFERENCIAS, DESTINADAS A AMPLIAR LA INFORMACIÓN QUE SE PROPORCIONA AL LECTOR DEBERÁN SER CITADAS EN EL TEXTO. LAS FICHAS BIBLIOGRÁFICAS CORRESPONDIENTES SERÁN AGRUPADAS AL FINAL DEL ARTÍCULO, EN ORDEN ALFABÉTICO. EJEMPLOS:
 1. ARTÍCULOS EN REVISTAS (NO SE ABREVIEN LOS TÍTULOS NI DE LOS ARTÍCULOS NI DE LAS REVISTAS):
N. TAKEUCHI, N. 1998. "CÁLCULOS DE PRIMEROS PRINCIPIOS: UN MÉTODO ALTERNATIVO PARA EL ESTUDIO DE MATERIALES". *Ciencia y Desarrollo*, vol. 26, núm. 142, 18.
 2. LIBROS:
DELGADO, G.C. 2008. *GUERRA POR LO INVISIBLE: NEGOCIO, IMPLICACIONES Y RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGÍA*. CEICHA, UNAM. MÉXICO.
 3. INTERNET.
NOBELPRICE.ORG. 2007. THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 1986.
EN: WWW.NOBELPRIZE.ORG/NOBEL_PRIZES/PHYSICS/LAUREATES/1986/PRESS.HTML.
 4. EN EL CUERPO DEL TEXTO, LAS REFERENCIAS DEBERÁN IR COMO EN EL SIGUIENTE EJEMPLO:
"...Y A LOS LENGUAJES COMUNES PROPUESTOS (AMOZURRUTIA, 2008A) COMO LA EPISTEMOLOGÍA..."
SI SON VARIOS AUTORES, LA REFERENCIA EN EL CUERPO DEL TEXTO IRÁ:
(GARCÍA-SÁNCHEZ ET AL., 2005; SMITH, 2000).
 5. LAS NOTAS SERÁN SÓLO EXPLICATIVAS, O PARA AMPLIAR CIERTA INFORMACIÓN.
- E) SE RECOMIENDA LA INCLUSIÓN DE GRÁFICAS Y FIGURAS. ÉSTAS DEBERÁN SER ENVIADAS POR CORREO ELECTRÓNICO, EN UN ARCHIVO SEPARADO AL DEL TEXTO, EN FORMATOS TIF O JPG, CON UN MÍNIMO DE RESOLUCIÓN DE 300 PÍXELES POR PULGADA, Y ESTAR ACOMPAÑADAS POR SU RESPECTIVA EXPLICACIÓN O TÍTULO Y FUENTE.

EVENTOS

▼ 13 al 15 de noviembre de 2012

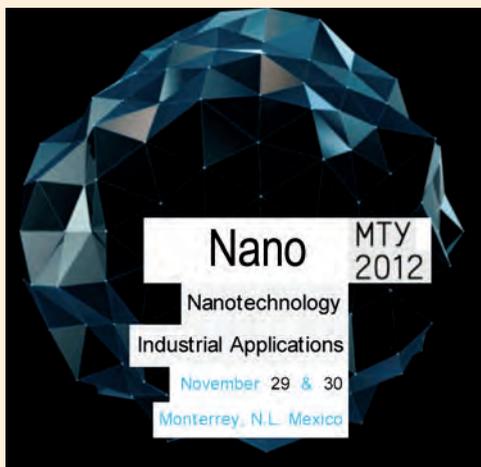
NanoSafe 2012



GRENOBLE, FRANCIA
MINATEC.
[HTTP://WWW.NANOSAFE.ORG](http://www.nanosafe.org)

▼ 29 al 30 de noviembre

Nano Monterrey 2012



CENTRO INTERNACIONAL DE NEGOCIOS DE MONTE-
RREY, MÉXICO.
ORGANIZA EL NANOCLUSTER DE MONTERREY (MNC-
9)
[HTTP://MNC-9.ORG/](http://mnc-9.org/)
NANOMONTERREY2012/#SPHERE

▼ 6 de diciembre de 2012

+ Composites International Forum



LUXEMBURGO
[HTTP://FORUM.PLUSCOMPOSITES.EU/
PRODUCTS.PHP?LANGUE=ENGLISH&CLE_
MENUS=1238915571&CLE_DATA=1238740806](http://forum.pluscomposites.eu/products.php?langue=english&cle_menus=1238915571&cle_data=1238740806)

▼ 5 al 7 de diciembre de 2012

5th Bangalore Nano



BANGLADESH, INDIA.

ORGANIZA: DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. GOBIERNO DE KARNATAKA.

[HTTP://WWW.BANGALORENANO.IN/NANO_2012/INDEX.PHP](http://www.bangalorenano.in/nano_2012/index.php)

▼ 15 al 18 de diciembre de 2012

Infectious Diseases and Nanomedicine – 2012

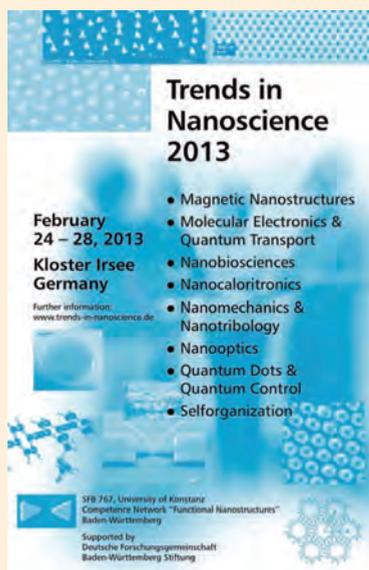
PARK VILLAGE RESEORT & HOTEL. KATMANDU, NEPAL.

ORGANIZA: LA ASOCIACIÓN NEPALINA DE MEDICINA MICROBIOLÓGICA Y EL INSTITUTO DE POLÍMEROS DE NEPAL.

[HTTP://WWW.MEDMICRONEPAL.ORG](http://www.medmicronepal.org)

▼ 24 al 28 de febrero de 2013

Trends in Nanoscience 2013



KLOSTER IRSEE, ALEMANIA.

ORGANIZA: UNIVERSIDAD DE KONSTANZ

[HTTP://WWW.SFB767.UNI-KONSTANZ.DE/IRSEE2013/HOME/](http://www.sfb767.uni-konstanz.de/irsee2013/home/)

▼ 13 al 15 de marzo

BioNanoMed 2013



KREMS, AUSTRIA.
DANUBE UNIVERSITY KREMS
[HTTP://WWW.BIONANOMED.AT](http://www.bionanomed.at)

▼ 23 al 26 de abril de 2013

Imagine Nano 2013



CENTRO DE EXHIBICIONES DE BILBAO
BILBAO, ESPAÑA.
ORGANIZA: PHANTOMS FOUNDATION, CIC NANOGUNE, EUSKAMPUS Y LA FUNDACIÓN DONOSTIA INTERNATIONAL PHYSICS CENTER.
[HTTP://WWW.IMAGENANO.COM/GENERAL/INDEX.PHP](http://www.imagenano.com/general/index.php)

▼ 12 al 15 de mayo de 2013

Nanotech 2013



WASHINGTON, D.C., ESTADOS UNIDOS.
GAYLORD NATIONAL HOTEL & CONVENTION CENTER.
[HTTP://WWW.TECHCONNECTWORLD.COM/NANO-TECH2013/](http://www.techconnectworld.com/nanotech2013/)

▼ 17 al 21 de junio de 2013

International Conference on Metrology and Properties of Engineering Surfaces



GIS NTU CONVENTION CENTER. TAIPEI, TAIWAN.
[HTTP://WWW.METPROPS2013.ITRI.ORG.TW/VENUE.HTML](http://www.metprops2013.itri.org.tw/venue.html)

▼ 15 al 19 de julio de 2013

**International Conference on Advanced Complex
Inorganic Nanomaterials**



NAMUR, BÉLGICA
ORGANIZAN: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LOVAINA Y
UNIVERSIDAD DE NAMUR
[HTTP://WEBAPPS.FUNDP.AC.BE/ACIN2013/](http://webapps.fundp.ac.be/acin2013/)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS
EN CIENCIAS Y HUMANIDADES

PUBLICACIONES RECIENTES



LIBRERÍA
Torre II de Humanidades, 4º piso
Circuito Escolar, Ciudad Universitaria
Coyoacán, México 04510, D.F.
5623-0224 y 5623-0032, extensión 42793
libreria.ceiich.unam@gmail.com
www.ceiich.unam.mx

unam
donde se construye el futuro

