

ARTÍCULO

## ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LA DIVULGACIÓN Y FORMACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN IBEROAMÉRICA: RED NANODYF – CYTED

Joaquín Darío Tutor Sánchez

## **Actualidad y perspectivas de la divulgación y formación de la Nanotecnología en Iberoamérica: Red NANODYF – CYTED**

### **Resumen**

El presente artículo pretende dar una visión general y actualizada de la situación de la divulgación y formación en Nanotecnología de algunos países iberoamericanos, que en buena y significativa medida pueden representar el comportamiento del resto de la región en esta temática. Inicialmente se presentan argumentos científicos, tecnológicos, comerciales y sociales del por qué son importantes la Nanociencia y la Nanotecnología, lo anterior, con la finalidad de fundamentar la importancia de la divulgación y la formación de estas ramas del saber; asimismo, se citan algunos ejemplos de las acciones que se llevan a cabo en algunos lugares del mundo y en diferentes regiones de Iberoamérica. Finalmente, se hace mención de la razón de ser y la misión de la Red “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF), que en su primer año de trabajo ha detectado cuál es el estado actual de la divulgación y formación en Nanotecnología de un grupo de países representativos de la región Iberoamericana. Así como, los resultados preliminares del diagnóstico hecho por la Red NANODYF, sus acciones y perspectivas también son expuestas en este artículo.

**Palabras clave:** Nanociencia; Nanotecnología; divulgación y formación científica.

## **Present and perspectives in dissemination and training of Nanotechnology in Iberoamerica: Red NANODYF – CYTED**

### **Abstract**

The article aims to provide an updated overview on the situation of dissemination and training in Nanotechnology in some Ibero American countries that can represent at large and significant extent the behavior of the rest of the region in this field. Initially scientific, technological, commercial and social aspects are done as arguments of why Nanoscience and Nanotechnology are important in order to support the relevance of the dissemination and training of these branches of knowledge; also some examples of actions carried out in other regions of the world different from Ibero America are commented. Finally it is mentioned the purpose and mission of the Network “Jose Roberto Leite” on Dissemination and Training in Nanotechnology, NANODYF, which in its first year of work has detected the current state of the dissemination and training in Nanotechnology in a representative

group of countries from the Ibero American region. The preliminary results of the diagnostic done by the Network NANODYF as well as its perspectives actions are also shown in the article.

**Keywords:** Nanoscience; Nanotechnology; dissemination and scientific training.

## Introducción

La promoción para el aprovechamiento de contenidos de la Nanotecnología, involucra actuaciones en el ámbito de la divulgación y la educación reglada o formal en escuelas y universidades. En muchos países, desde la década de los 90 se comenzó a trabajar en pos de acciones de difusión y divulgación de la Nanociencia y la Nanotecnología, lo cual le dio a esos países la posibilidad de contar con estrategias nacionales o regionales dentro de sus geografías, hoy día podemos considerar esas estrategias como consolidadas, o al menos bien estructuradas. De igual manera, en diversos países se empezaron a realizar desde hace décadas acciones formativas regladas, que incluían conceptos y generalidades de la Nanociencia y la Nanotecnología a través de asignaturas como la de ciencias naturales de la enseñanza primaria y secundaria. Lo anterior sumado a la formación especializada en nanociencia y nanotecnología en los niveles de pregrado y postgrado universitario, ha permitido la creación de una cultura *nano* en varios sectores de la población de dichos países.

Aunque en los países de Iberoamérica existen y se llevan acabo algunas acciones de divulgación y formación en Nanotecnología, lamentablemente no todas las regiones cuentan con planes específicos en esta importante línea de actuación, lo que repercutirá en un retraso colectivo de sus habitantes con respecto a los de otras regiones del mundo. Iberoamérica no puede quedar al margen de este proceso de divulgación y formación, porque la economía del futuro se va a articular en torno a los avances de la Nanotecnología, y porque ya existe una indiscutible presencia en investigación y desarrollo del ámbito iberoamericano en esta tecnología, lo anterior, otorgado por la masa crítica de docentes universitarios e investigadores de centros de investigación, que desde los primeros años del desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología –a finales de los años 50 del siglo pasado– enfocaron sus actividades de investigación y desarrollo en este campo emergente de la Ciencia y la Tecnología.

La identificación de la situación actual en cuanto a la divulgación y la formación en Nanociencia y Nanotecnología, así como el posible diseño de estrategias locales y regionales es la razón de ser y la misión de la Red “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF), que en su primer año de trabajo (2011) ha detectado cual es el estado actual de la divulgación y formación en Nanotecnología de un grupo de países representativos de la región Iberoamericana, asimismo, NANODYF pretende dibujar una estrategia a futuro para mejorar y enriquecer aspectos que aún son deficientes o están ausentes en la región.

## ¿Por qué es necesaria la divulgación y la formación en Nanotecnología?

A la pregunta, sólo se puede responder si somos capaces de reconocer la importancia que tiene la Nanotecnología, en un sentido amplio, o la Nanociencia y la Nanotecnología en un sentido estrecho. Por ello es necesario, antes de referirnos a la necesidad de la divulgación y la formación de esta tecnología, dar algunos fundamentos acerca de su importancia científica, tecnológica e industrial.

En la actualidad existe un consenso, al menos en los marcos científicos, tecnológicos y en algunos sectores empresariales, acerca de la importancia de la Nanociencia y la Nanotecnología. Podríamos enlistar innumerables argumentos acerca de su importancia, no obstante, daremos algunos ejemplos como base para responder a la pregunta que formulamos en este epígrafe.

### Razones Científicas y Tecnológicas

- Ante todo, no debe perderse de vista que la Nanociencia es el estudio mecano- cuántico de estructuras materiales, que debido a sus pequeñas escalas de tamaño, manifiestan conductas diferentes a las clásicas de la materia a escalas micro y macroscópicas; así como, mayor y mejor ayuda en términos de aplicaciones de dichas estructuras.
- Durante la creación de estructuras a escala nanométrica, es posible controlar propiedades fundamentales de los materiales; utilizando este potencial, tendremos productos y tecnologías de rendimiento nunca antes alcanzados.
- La organización de la sustancia a escala nanométrica es la clave del futuro de los sistemas biológicos. La Nanotecnología permitirá ubicar componentes y agrupaciones de componentes en el interior de células y obtener nuevos materiales, usando el método de auto-organización propio de la Naturaleza. La potente combinación de la ciencia de materiales y la biotecnología permitirá procesos e industrias completamente novedosas.
- Los sistemas nanoestructurados tales como: nanopartículas y nanocapas tienen una altísima razón superficie/volumen, siendo esta razón ideal para el uso en materiales compuestos, reacciones químicas, liberación controlada de drogas y almacenamiento de energía.
- Las nanoestructuras son tan pequeñas que pueden ser usadas para construir sistemas que contengan una mayor densidad de componentes, en comparación con los objetos micrométricos; controlando las interacciones y la complejidad de las nanoestructuras pueden lograrse nuevos conceptos de dispositivos electrónicos, circuitos más pequeños y más rápidos; funciones más sofisticadas y una gran reducción de la potencia consumida.

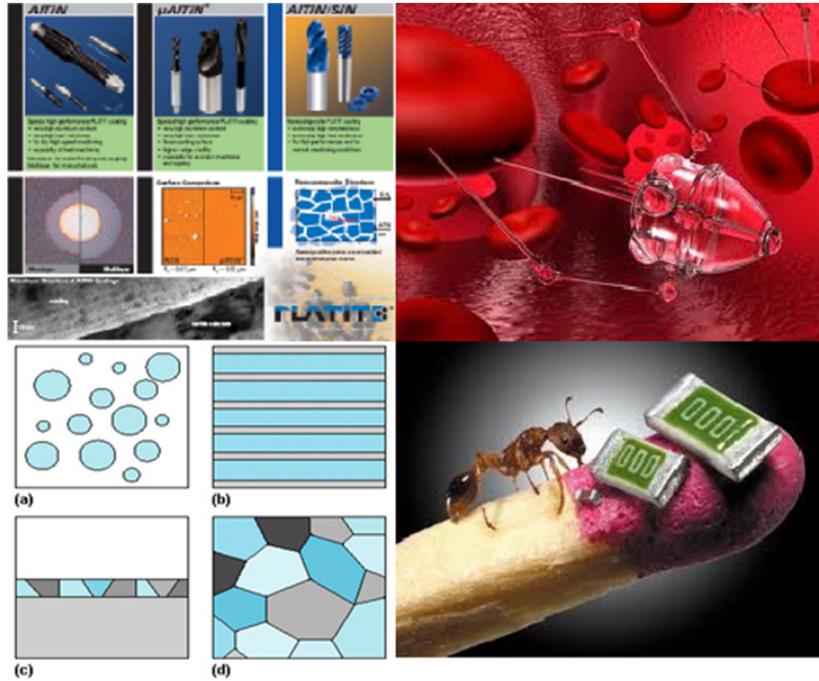


Figura 1. Ejemplos de resultados científicos y tecnológicos de la Nanotecnología.

## Razones Comerciales y Empresariales

Ya hace tiempo que se viene hablando de la Nanotecnología en el entorno empresarial-industrial, así como en el entorno de la comercialización de productos y servicios de base nanotecnológica. Raro es el día en que no aparece una noticia en el periódico o en la televisión sobre algún producto nanotecnológico. Además, cada vez aparecen más artículos sobre las investigaciones en ese campo. Sin embargo, el consumidor no sabe a quién dirigirse cuando desea comprar uno de estos productos, por ejemplo, se venden tejas recubiertas mediante barnices nanotecnológicos, productos sanitarios y de baño, e incluso nuevos automóviles. Hay consumidores que no desean comprar un vehículo nuevo sino aplicarle el revestimiento con nuevas y mejores prestaciones y no saben donde adquirirlo.<sup>1</sup>

En la actualidad existen más de 1300 productos y servicios que se comercializan en el mercado cuya base es la Nanotecnología. Entre ellos se presentan artefactos electrodomésticos, equipos de automoción, textiles, envases y embalajes, productos cosméticos, medicamentos y fármacos, etcétera.<sup>2</sup> En la Figura 2 se muestran algunos ejemplos de estos productos.

En cuanto a los beneficios económicos, podemos citar el evento: “*International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*”.<sup>3</sup> En dicho simposio se presentaron resultados sobre los beneficios económicos en empresas que comercializan productos de base nanotecnológica,

1 Nanotechnology Products. *Nanotechnology Solutions* [En línea] 16 de Mayo de 2012. Disponible en: <http://nanotechnology-solutions.com/nanotechnology-products.php>

2 The Project on Emerging Nanotechnologies [En línea] Disponible en: <http://www.nanotechproject.org>

3 *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*. Simposio, Marzo 27 y 28 de 2012, Washington D.C. Disponible en: [www.nano.gov/node/729](http://www.nano.gov/node/729)

así como los beneficios económicos de los consumidores de dichos productos. Las cifras anuales de beneficios tanto para productores como para consumidores son evidentemente millonarias.

## ¿ESTÁ CERCA DEL MERCADO?

<http://www.nanotechproject.org> – 1.300 productos



Figura 2. Productos y servicios de base Nanotecnológica en el mercado.

En un artículo publicado por Vincent Caprio, Director Ejecutivo de la Asociación de Comercialización “NanoBusiness”, menciona que la visión de esta asociación es clara y precisa, al tratar de asegurar que los Estados Unidos son un líder mundial en el campo de la nanotecnología emergente. “Estamos creando una comunidad vibrante e interactiva mediante la cual sus miembros pueden compartir información con nosotros, y así poder informar a los legisladores, investigadores, analistas, la comunidad financiera, y otras partes interesadas” declaró Caprio.<sup>4</sup> Este ejemplo, nos muestra el interés que se va despertando en el mundo empresarial e industrial acerca de la necesidad de crear un ambiente de dialogo sinérgico entre diferentes sectores de la población acerca de la producción, uso y consumo cada vez más abundante de productos y servicios nanotecnológicos.

Pero claro que no todo es color de rosa. Una vez que se hayan resuelto problemas pendientes tales como los referentes a la nanoseguridad y a la nanometrología, hay que crear nuevas formas de implantación de las principales aplicaciones de la Nanotecnología en la mayoría de los segmentos industriales existentes. Sin olvidar que hay que afrontar con claridad las cuestiones éticas, morales, problemas contaminantes, etcétera, inherentes a la aplicación de la Nanotecnología en el mundo en el que vivimos. Los expertos han predicho una fase de masivo crecimiento para la “nanoindustria” desde 2005, lo cual se ha manifestado entre otras fuentes, en el artículo “Nanotech Industry

<sup>4</sup> Our New Name. *NanoBusiness Commercialization Association* [En línea] 30 de Marzo de 2011. Disponible en: <http://www.nanobca.org/2011/01/our-new-name/>

approaches massive growth phase” publicado en la revista electrónica Small Times.<sup>5</sup>

## Razones Sociales

La sociedad actual se encuentra ante disyuntivas realmente importantes. En ellas se presenta la relación entre los avances tecnológicos de punta, que pueden tropezar con impactos medioambientales; alteraciones del poder político y militar; y otros impactos socioculturales. Es de conocimiento entre algunos sectores de la población, que la Nanotecnología representa una nueva era para la humanidad y que llevará consigo alteraciones sociales, políticas, económicas y empresariales. Algunos avances de la Nanotecnología pueden ser de tal magnitud que las empresas, las industrias y los gobiernos que tengan su control pueden acaparar unas cuotas de poder hasta ahora desconocidas. Los avances de las cotizaciones en bolsa de algunas de estas empresas e industrias pueden hacer parecer pequeños los resultados que hasta hace algunos años lograron las cotizaciones en el Nasdaq y los mercados financieros. Esta situación, lejos de parecer ficción es una realidad que nos rodea cada día: ¿Cómo digerirá la sociedad estos avances tecnológicos?, ¿están los gobiernos de los Estados preparados?, ¿hay conciencia política sobre la relevancia del tema?, ¿hay divulgación de estos temas entre los ciudadanos?, ¿se introducen estos debates y su divulgación en las masas a través de la tv, la prensa escrita y el Internet?, ¿se contribuye de alguna manera a la existencia de una educación formal y actualizada en tópicos de Nanociencia y Nanotecnología?

No cabe duda entonces de que estas razones científicas y tecnológicas, estas razones comerciales y empresariales y estas razones sociales son las respuestas a: **¿Por qué es necesaria la divulgación y formación en Nanotecnología?** Se hace necesaria una “alfabetización” de la sociedad actual en el tema de la Nanociencia y la Nanotecnología, es necesario crear una cultura en la población mundial acerca de los éxitos presentes y futuros de estos avances de la Ciencia y la Tecnología.

## Red NANODYF – CYTED

Se pueden citar varios ejemplos sobre cómo diferentes países están avanzando mediante la puesta en marcha de actividades de divulgación y formación en nanotecnología. En EE.UU. por ejemplo, se ha creado el centro “[US National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering](#)”; en Taiwán se hace énfasis en todos los aspectos relacionados con la formación integral de la nanotecnología a través del Plan “[Nanotechnology Human Resource Development](#)” del Ministerio de Educación de Taiwán; en [Francia](#) y en [Alemania](#) se han llevado a cabo grandes exposiciones itinerantes. Incluso países emergentes como [Irán](#), están apostando por la divulgación

<sup>5</sup> Nanotech Industry approaches massive growth phase. *Small Times* [En línea] 9 de Marzo de 2009. Disponible en: <http://www.electroiq.com/articles/stm/2004/09/nanotech-industry-approaches-massive-growth-phase.html>

y educación de la Nanotecnología a través de exposiciones, jornadas, materiales educativos, programas universitarios específicos, etc.

No es necesario insistir más, la Nanotecnología no es una moda pasajera, es el paradigma que permitirá altas cotas de desarrollo a los países capaces de incorporarlo en sus sistemas productivo y educativo. Sin embargo ¿qué se está haciendo en el contexto de la “nanoeducación” y “nanodivulgación” en los países de Iberoamérica?, ¿cómo se están preparando a la sociedad iberoamericana ante este cambio de paradigma?, ¿tenemos estrategias bien definidas en cada uno de los países de la región? y ¿qué podemos aprender unos de otros?<sup>6</sup>

En Diciembre de 2010, en la Asamblea General del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), fue aprobada la Red temática “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF), perteneciente al Área Temática 6 de Ciencia y Sociedad. Esta red, que en la actualidad ya cuenta con 15 grupos de 11 países iberoamericanos (España, Portugal, México, Cuba, Venezuela, Colombia, Perú, Brasil, Argentina, Chile y Costa Rica), surge como un intento de llevar a la práctica las respuestas de las preguntas que planteamos en el párrafo anterior, ver Figura 3.

<b>COORDINACIÓN Y JEFES DE GRUPOS DE RED NANODYF-CYTED</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>PAÍS</b>	<b>TIPO DE CENTRO</b>
Joaquín Tutor Coordinador de la Red	España (Madrid)	Universidad
Roberto Salvarezza	Argentina (La Plata)	Centro de I+D
Ernesto Zumelzu	Chile	Universidad
Antonio Zárate	Chile (Antofagasta)	Universidad
Alexus Bruno	Brasil (Sao Paulo)	Universidad
Justo Rojas	Perú (Lima)	Universidad
Carlos Duque	Colombia (Medellín)	Universidad
Ángela Camacho	Colombia (Bogotá)	Universidad
Anwar Hazmy	Venezuela (Caracas)	Red venezolana
José Roberto Vega	Costa Rica (San José)	Centro I+D
Eduardo Mora	México (Morelos)	Universidad
Noboru Takeuchi	México (Ensenada)	Centro I+D/ Universidad
Carlos Rodríguez	Cuba (La Habana)	Universidad
María de Jesús de Matos Gomes	Portugal (Bragas)	Universidad
Pedro Serena	España (Madrid)	Centro de I+D

Figura 3. Coordinación y jefes de Grupo de Red NANODYF ([www.NANODYF.org](http://www.NANODYF.org)) en la actualidad (12/2012)

La misión de la Red NANODYF queda reflejada a través de sus objetivos generales, que no por ser ambiciosos resultan inalcanzables. Estos son:

<sup>6</sup> TUTOR S., Joaquín, y Serena Domingo, P. “Situación de la divulgación y la formación en nanotecnología en Iberoamérica. Revista *MundoNano*, Vol. 4, No. 2, Julio-Diciembre 2011. Pag 12-17

- Considerar la aportación del conocimiento e investigación científica en Nanotecnología a la gran masa de receptores, así como de sus avances a través de una nanoeducación de dimensión pública.
- Analizar la interacción del conocimiento científico en Nanotecnología con otros saberes y formas de conocimiento, maximizando los valores y capacidades de ésta para transformar al mundo mediante un diálogo productivo y positivo con otras formas de racionalidad y producción de conocimiento.
- Crear un marco cooperativo de trabajo que permita que en el futuro puedan surgir nuevas actividades a manera de acciones de coordinación de proyectos, nuevas redes temáticas en temas de interés para la región, y/o cualesquiera actividades relacionadas con la I+D+i una vez alcanzada y desarrollada una nanoeducación de dimensión pública.

Como conclusión de los primeros cuatro años del trabajo de esta Red, se espera haber obtenido los siguientes resultados:

- Establecer el diagnóstico de la situación actual en los países participantes en la Red acerca de la divulgación, y formación a distintos niveles en Nanotecnología.
- El desarrollo de materiales y puntos de encuentro para los divulgadores de la Nanotecnología.
- El diseño de una estrategia de formación en Nanotecnología para los países participantes en la Red, extensible a otros países de la región iberoamericana, respondiendo a los niveles particulares de desarrollo socio-económico y científico-técnico, y que esté dirigida básicamente a los sectores públicos y privados que tienen como objetivo la formación, desde etapas incipientes, de cuadros profesionales capaces de enfrentar los retos de la Nanociencia y la Nanotecnología.

## **¿Cuál es la situación actual respecto a la divulgación y formación en Nanotecnología en la región Iberoamericana?**

En el primer año de trabajo de la Red NANODYF se realizó una investigación documental sobre la situación de la divulgación y la formación en Nanotecnología en los países miembros de la misma. Los resultados de dicha investigación se reflejan en la Figura 4. Todos los resultados mostrados en los gráficos se refieren al tema de acciones nacionales en Nanociencia y Nanotecnología entre los años 2006 y 2011. Los datos representados son el fruto de las indagaciones hechas por los jefes de grupo de la Red NANODYF con otras universidades, centros de investigación y organismos

nacionales de Ciencia y Tecnología. Es probable que no estén reflejadas todas las acciones nacionales llevadas a cabo, no obstante las cifras pueden representar de forma aproximada la realidad de estos 10 países, que a su vez representan el 47,6 % de los países de la región Iberoamericana, siendo además las principales economías de la región.

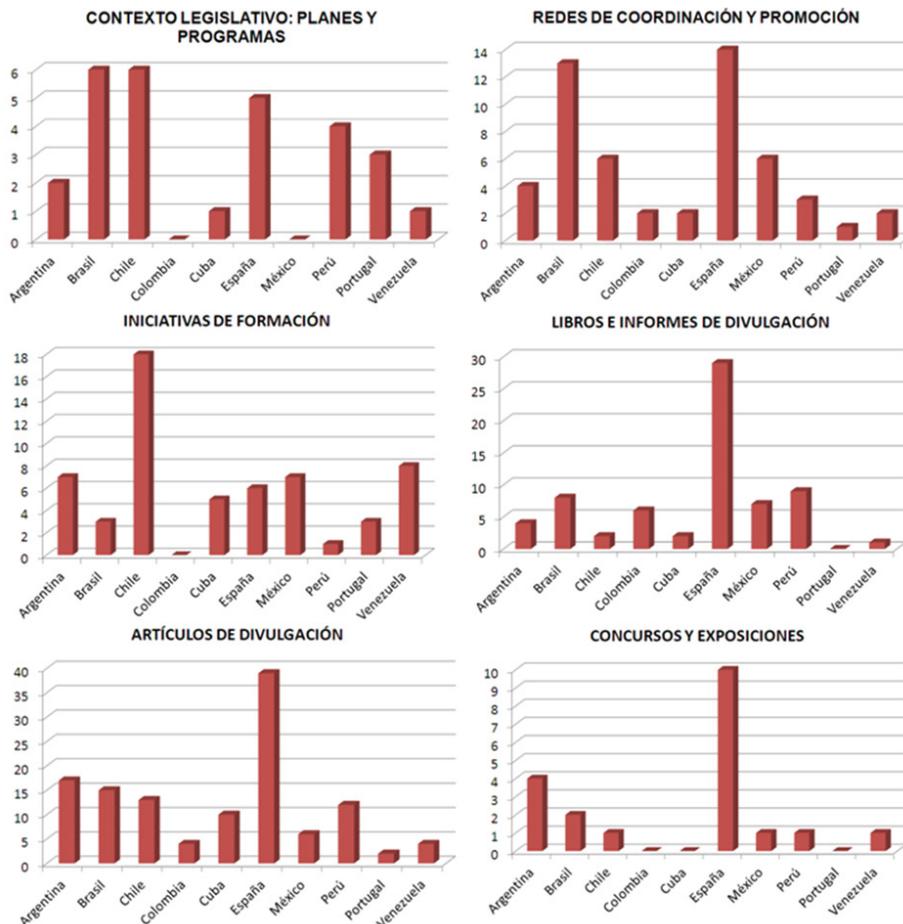


Figura 4. Resultados de la investigación documental sobre la situación de la divulgación y formación en Nanotecnología, en 10 de los 11 los países miembros de la Red NANODYF en el año 2011.

Aunque el número de actividades realizadas no son comparables al que podemos encontrar en otras regiones del mundo, es evidente que tienen cierta presencia y son un buen punto de partida para iniciar una tarea de divulgación y formación en Nanotecnología.

Actividades que realizamos durante el primer año de la Red NANODYF:

- En el mes de Octubre de 2011 se hizo el lanzamiento oficial de la web, logrando una comunicación con la mayoría de los usuarios de la misma; ese mismo mes, se añadió un contador de visitantes a la web ([www.NANODYF.org](http://www.NANODYF.org)). En la actualidad se han contabilizado más de 6000 entradas al sitio, ver Figura 5.

- Se realizaron un total de 32 actividades de divulgación acerca de la Nanociencia y la Nanotecnología en España, México, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Perú y Venezuela.
- Se desarrollaron 5 cursos de formación sobre Nanotecnología para distintos tipos de receptores, los cursos fueron impartidos por: los mismos profesores de ciencias de distintas asignaturas en el nivel medio de enseñanza; estudiantes de nivel secundario de enseñanza; profesores y estudiantes universitarios de distintas especialidades en España, Venezuela, Argentina y Colombia.
- Se publicaron 17 artículos divulgativos sobre temas generalistas de Nanotecnología, así como de la situación de los distintos países en el tema de la divulgación y la formación en Nanotecnología.
- Se presentaron 10 Exposiciones sobre “Un Paseo por el Nano Mundo”, iniciativa del Grupo CSIC-España miembro de la Red NANODYF.
- Se participó en 16 eventos científicos regionales, presentando ponencias sobre la divulgación y la formación en Nanotecnología; algunos de ellos co-auspiciados por la Red NANODYF como fue el caso de Nano Perú 2011 (<http://fisica.unmsm.edu.pe/~nanoperu/webnano2011/general/home/index.php.html>)



Figura 5. Web de la Red NANODYF

A finales del año 2011 la Red elaboró el Informe Diagnóstico: *Situación de la divulgación de la Nanotecnología en algunos países de Iberoamérica*, a los primeros 10 países miembros de la Red NANODYF (España, Portugal, Cuba, México, Colombia, Venezuela, Perú, Brasil, Argentina y Chile), en dicho informe se presentó una recopilación de información sobre la divulgación en Nanotecnología entre los sectores más amplios de la sociedad, Esto permitió conocer con más detalle, que en algunas regiones aún queda mucho por hacer en esta dirección. Los resultados de este segundo intento de profundizar en el tema de la divulgación en Nanotecnología fueron los siguientes:

1. En general puede decirse que la Nanociencia y la Nanotecnología despiertan el interés de los sectores académicos, y recién comienzan a interesar a los sectores gubernamentales y productivos pero todavía están lejos de captar la atención de la sociedad, a pesar de las actividades de divulgación realizadas.
2. Si nos comparamos con otros países hermanos de Iberoamérica, nuestra situación parece excelente, pero no debemos engañarnos, ya que estamos muy por detrás de los países en los que ya existe una gran tradición por la transferencia y la divulgación de la Nanociencia y Nanotecnología, y que además tienen modelos educativos sólidos y estables.
3. La divulgación de la nanotecnología busca mejorar la comunicación social de la ciencia, lo que implica consolidar un sistema científico–tecnológico en el área iberoamericana, además de la generación de políticas, la formación en todos los niveles educacionales, capacitación y generación de compromisos de todos los actores, públicos y privados.
4. La región iberoamericana no se ha integrado dentro de un plan formal de apoyo estatal a la Nanociencia y Nanotecnología específicamente, y por esta razón se repiten y se pierden muchos esfuerzos además de que se desperdician recursos materiales y humanos.

## **Perspectivas de la divulgación y formación de Nanotecnología en la región Iberoamericana**

Las perspectivas regionales en Iberoamérica sobre la divulgación y la formación en Nanotecnología, al menos de esta última a nivel de enseñanza primaria y secundaria, pueden enumerarse como sigue:

1. Hay que avanzar en la divulgación y comunicación social de la ciencia en general, y en particular de la Nanotecnología, es necesario trabajar e investigar en temas globales, puesto que los grandes problemas de la humanidad presente y futura tendrán soluciones a través de estas áreas del conocimiento. El desarrollo de la Nanotecnología, es un

área estratégica en cuanto a la preservación de los recursos naturales, del cuidado el medioambiente y la consolidación del modelo de innovación para la competitividad.

2. Potenciar la divulgación de la Nanociencia y la Nanotecnología como enganche para la gente joven hacia la ciencia (Figura 6). Esto se puede lograr debido a la fascinación que ejerce y por su carácter multidisciplinario, por lo que se puede activar la pasión por la ciencia en estudiantes o personas con diferentes perfiles dentro del amplio margen de receptores de los éxitos de la Ciencia y la Tecnología.



Figura 6. Alumnos de 1er año de un Instituto de Bachillerato en Madrid, asistentes al Taller de Simulación de Nanomateriales en el marco de la XII Semana de la Ciencia de Madrid. Noviembre 2012.

3. Sostener e incentivar el trabajo que hasta ahora se ha adelantado en la divulgación de la Nanotecnología con la organización de foros de discusión, intercambio de profesores para cursos de divulgación y formación de maestros de secundaria, y cursos de entrenamiento para profesores que sirvan de multiplicadores (Figura 7).

4. Insertar la Nanociencia y la Nanotecnología en los museos de Ciencia y Tecnología, en particular en las sedes más modernas y mejor equipadas. Establecer contenidos itinerantes con demostradores, ilustraciones, imágenes, etcétera. (Figura 8)

5. Hay que avanzar en la formación de educación formal en los niveles primarios y secundarios de enseñanza de la ciencia en general, y en particular la inclusión de temas de Nanotecnología en asignaturas afines. Es necesario trabajar e investigar en temas

globales, desde posiciones oficiales en Iberoamérica, puesto que los grandes problemas de la humanidad tendrán soluciones a través de estas áreas del conocimiento. Para lo cual se requiere de un fuerte apoyo de los organismos nacionales de Ciencia y Tecnología de toda Iberoamérica.

6. Dado que la problemática es muy similar en todos los países de Iberoamerica se hace prioritario proponer una *Estrategia Regional*, de la cual deriven las estrategias locales de los 21 países iberoamericanos, con el fin de contribuir a introducir contenidos de Nanociencia y Nanotecnología en asignaturas de nivel primario y secundario, realizar actividades extraescolares alrededor de estos temas. Incentivar la visita a museos de ciencia en general asi como de Nanociencia y Nanotecnología en particular, formar al profesorado adecuadamente para lograr los objetivos instructivos antes referidos. La Red NANODYF, que aglutina a expertos en Nanociencia y Nanotecnología, y está contactando a expertos en comunicación y formación, está capacitada para elaborar dicha *Estrategia Regional*.



**Curso para Formación del Profesorado**

**“Introducción a la Nanotecnología: Actualidad y Perspectivas”**



**Actividades teóricas**  
(Total: 30 horas)

1. Introducción a la Nanotecnología (1 h.)
2. Los materiales nanoestructurados (5 h.)
3. Técnicas de fabricación y síntesis de materiales nanoestructurados (3 h.)
4. Técnicas para la caracterización de los materiales nanoestructurados (3 h.)
5. Aplicaciones sectoriales de la nanotecnología (3 h.)
6. Implicaciones sociales, culturales y religiosos de la nanotecnología (3 h.)
7. Mesa Redonda y debate sobre las aplicaciones de la nanotecnología (3 h.)
8. Visita Educativa al Instituto de Ciencia de Materiales – CSIC, de Madrid (3 h.)
9. Resumen: Nanotecnología en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato (3 h.)
10. Evaluación (3 h.)

**Actividades complementarias**  
(Total: 45 horas)

El conjunto de actividades no presenciales, de carácter complementario, tiene por objeto afianzar los conocimientos adquiridos durante el curso. Para ello, al finalizar el mismo, se entregará un cuestionario a cada uno de los asistentes, que permitirá valorar el grado de entendimiento de los conceptos expuestos. Será condición necesaria para la obtención de los créditos previstos, la superación de dicho cuestionario. Si el alumno lo prefiere, en lugar del cuestionario, se podrá realizar un trabajo relativo a los contenidos expuestos en el curso.

**Información e inscripciones:**  
Colegio Oficial de Físicos  
C/ Monte Esquinza, 28; 3º dcha. 28010-Madrid.  
Telf. 91 447 06 77 Fax: 91 447 20 06  
e-mail: [administracion@cofis.es](mailto:administracion@cofis.es)

**Fechas:** M y J: 4-6-11-13-18-20-25-27 de octubre y 2 y 3 de noviembre 2011

**Horario:** 18:00 a 21:00 horas

**Sede:** Universidad Pontificia Comillas.  
C/ Alberto Aguilera, 25

**Coste:** Colegiados: 60 €. No colegiados: 120 €

**Director:**  
Joaquín Tutor Sánchez.  
ETSI – ICAI Universidad Pontificia Comillas

**Coordinador:**  
Pedro Serena Domingo  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid. CSIC

**Profesores:**  
Agustina Asenjo. ICMM – CSIC  
José Angel Martín Gago. ICMM – CSIC  
Juan Carlos del Real Romero. ETSI – ICAI  
María Ana Sáenz Nuño. ETSI – ICAI  
Pedro Serena Domingo. ICMM – CSIC  
Joaquín Tutor Sánchez. ETSI – ICAI

**A los profesores-asistentes de Física y Química de ESO o Bachillerato que acrediten estar en activo durante la realización del curso, y superen el mismo, se les proporcionarán tres créditos otorgados por la Comunidad de Madrid**

**Colaboradores:**  
ETSI – ICAI Universidad Pontificia Comillas  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid. CSIC




Figura 7. Curso de Formación para el Profesorado en el área de Nanotecnología. Comunidad de Madrid, España.



Figura 8. Exposición itinerante "Un Paseo por el Nanomundo" en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Exposición diseñada por el Dr. Pedro Serena Domingo, Jefe de Grupo CSIC-España miembro de la Red NANODYF.

## Conclusiones

A manera de conclusión puede decirse, que en buena parte de los países iberoamericanos se han dado pasos agigantados en el tema de la divulgación y la formación en Nanotecnología. Estos pasos han sido en la mayoría de los casos, acciones espontaneas de especialistas que están convencidos de la necesidad de crear una cultura acerca del tema *nano* en los diferentes sectores que componen nuestra sociedad, sin embargo, estas acciones no siguen una estrategia clara de lo que desean lograr; y mucho menos se ha medido la eficiencia y eficacia de las acciones realizadas.

Aún hay mucho por hacer, y a favor de la sociedad iberoamericana está el hecho de que sí se dispone de los recursos humanos especializados en Nanociencia y en Nanotecnología para avanzar en el logro de estrategias locales y regionales.

**Agradecimientos.** El autor del presente artículo desea expresar su agradecimiento al Programa CYTED y a su Área 6 de Ciencia y Sociedad a la que pertenece la Red NANODYF, tanto por los recursos financieros que recibe la Red de dicho programa para su funcionamiento, así como por el apoyo humano que se recibe desde la Secretaría General del mismo.

Igualmente desea expresar un especial agradecimiento a todos los jefes de grupo de la Red NANODYF, sin la cooperación de los cuales hubiera sido imposible disponer de toda la información documental en la que se ha basado este artículo.

## Bibliografía

1. *Nanotechnology Products. Nanotechnology Solutions* [En línea] 16 de Mayo de 2012. Disponible en: <http://nanotechnology-solutions.com/nanotechnology->

[products.php](#)

2. The Project on Emerging Nanotechnologies [En línea] Disponible en: <http://www.nanotechproject.org>

3. *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*. Simposio, Marzo 27 y 28 de 2012, Washington D.C. Disponible en: [www.nano.gov/node/729](http://www.nano.gov/node/729)

4. Our New Name. *NanoBusiness Commercialization Association* [En línea] 30 de Marzo de 2011. Disponible en: <http://www.nanobca.org/2011/01/our-new-name/>

5. Nanotech Industry approaches massive growth phase. *Small Times* [En línea] 9 de Marzo de 2009. Disponible en: <http://www.electroiq.com/articles/stm/2004/09/nanotech-industry-approaches-massive-growth-phase.html>

6. TUTOR S., Joaquín, y Serena Domingo, P. "Situación de la divulgación y la formación en nanotecnología en Iberoamerica. Revista *MundoNano*, Vol. 4, No. 2, Julio-Diciembre 2011. Pag 12-17.