

¿POR QUÉ ES NECESARIA LA DIVULGACIÓN Y LA FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA?

THE IMPORTANCE OF OUTREACH AND EDUCATION ACTIVITIES IN NANOTECHNOLOGY

Joaquín D. Tutor-Sánchez[†], Noboru Takeuchi[‡]

[†] Departamento de Ingeniería Mecánica ETSI-ICAI Universidad Pontificia Comillas.
Madrid, España

[‡] Centro de Nanociencias y Nanotecnología - Universidad Nacional Autónoma de México.
Ensenada, México

Resumen

La Nanociencia es el estudio de estructuras de tamaño entre 1 y 100 nanómetros, llamadas nanoestructuras, las cuales, debido a sus pequeñas escalas de tamaño se comportan de manera diferente a la materia a escalas micro y macroscópicas. Estas nuevas propiedades de los materiales permiten la fabricación de nuevos productos y tecnologías. Son tantas las posibles aplicaciones que se habla de una nueva revolución tecnológica. En este trabajo, tratamos de explicar la importancia de la divulgación y la formación científica y en particular la de la nanociencia. También hablaremos brevemente de algunas actividades que está realizando la Red temática “José Roberto Leit” de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.org), perteneciente al Área Temática 6 de Ciencia y Sociedad, del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED.

Palabras clave: Divulgación, Formación, Nanociencia, Nanotecnología

Abstract

Nanoscience is the study of structures of sizes between 1 and 100 nanometers, called nanostructures, which due to their small size behave differently from those at micro and macroscopic scales. These new properties of the materials could result in the manufacture of new products and development of new technologies. There are so many possible applications that it is believed that we are at the beginning of a new technological revolution. In this paper, we try to explain the importance of outreach and educational activities in science in general, and nanoscience in particular. We also briefly discuss some activities being undertaken by the Thematic Network “Jose Roberto Leit” Outreach and Education in Nanotechnology, NANODYF (www.nanodyf.org) belonging to the Thematic Area 6 Science and Society, of the Ibero-American Science and Technology Development Program, CYTED.

Keywords: Outreach, Training, Nanoscience, Nanotechnology

Introducción

Es del conocimiento general que el fomento a la asimilación de contenidos de ciencia y tecnología involucra actuaciones en el ámbito de la divulgación, y de la formación reglada, también denominada educación formal, en escuelas y universidades. Por ello, se hace necesaria una adecuada comprensión al respecto de lo que entendemos por divulgación y por formación científica y tecnológica, de manera que podamos evaluar el por qué es necesario desarrollar una labor adecuada en la divulgación y la formación en Nanociencia y Nanotecnología.

En muchos países, desde la década de los 90, se comenzó a trabajar en acciones de divulgación sobre la Nanociencia y la Nanotecnología lo cual les ha dado la posibilidad de contar con estrategias nacionales o regionales dentro de ellos, y que hoy en día se pueden considerar consolidadas, o al menos bien estructuradas; de igual manera, en muchos países se empezaron a

incorporar en los programas educativos temas en los que se incluyen conceptos y generalidades de la Nanociencia y la Nanotecnología en asignaturas de ciencias naturales en los niveles primarios y secundarios de enseñanza. Esto, unido a la formación especializada en Nanociencia y Nanotecnología en los niveles de pregrado y postgrado universitario ha permitido ir creando una cierta cultura “nano” en variados sectores de la población de dichos países.

Lamentablemente, en muchos otros lugares, como por ejemplo en países de la región Iberoamericana, aunque existen algunas acciones de divulgación y formación en Nanotecnología, no cuentan con planes específicos en esta trascendental línea de actuación, lo que redundará en un retraso colectivo de sus habitantes con respecto a los de otras regiones del mundo. La población de ninguna región del planeta puede quedar al margen de este proceso de divulgación y formación en Nanotecnología porque la economía del futuro se va a articular en torno a los avances de la misma, y porque ya existe una indiscutible presencia en investigación y desarrollo a nivel internacional en Nanotecnología dado 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, han venido desarrollando sus actividades de investigación y desarrollo en este emergente campo de la Ciencia y la Tecnología.

Divulgación y Formación Científica y Tecnológica

Divulgación científica y tecnológica

En los últimos tiempos ha sido necesario establecer cuáles son las diferencias entre lo que es difusión y lo que es divulgación de la Ciencia y la Tecnología, pues con frecuencia se confunden estos términos. En muchas publicaciones se han venido exponiendo tales diferencias por lo que creemos pertinente mencionar brevemente estos aspectos.

Una de las antes referidas publicaciones, realizada por A. Guillomet [1], propone un esclarecimiento entre los conceptos de difusión y divulgación científica que puede contribuir a diferenciar, de manera clara y sencilla, los mismos.

La difusión, hecha por el investigador o la institución que le respalda, es la manera de hacer llegar los trabajos científicos de la comunidad investigadora al mayor número de personas e instituciones de la comunidad científica. Esta difusión entre “pares” la debe hacer el investigador a través de revistas de impacto, repositorios, portales de citas bibliográficas, etc. [1] También son las Oficinas de Transferencia de los Resultados de Investigación (OTRI), las redes sociales científicas y los sitios web especializados, las vías que los investigadores utilizan para hacer llegar sus resultados científicos a la comunidad interesada. Esto en relación con me el ámbito científico puede ser extendido al ámbito tecnológico.

Otra cosa es la divulgación científica y/o tecnológica, que está muy ligada al periodismo científico. Esta actividad también la puede hacer el investigador o institución a través de blogs, y redes sociales; se trata de extender los conocimientos científicos a la mayor parte de la sociedad, dándoles un interés actual, haciéndolos asequibles y amenos (imágenes, palabras clave, claros ejemplos, vídeos, exposiciones) para una audiencia no especializada en su campo, aunque también puedan ser científicos y/o tecnólogos de otros campos y ámbitos del conocimiento.

La divulgación científica, que también podríamos decir tecnológica, representa un conjunto de actividades que interpretan y hacen accesible el conocimiento científico al público general. O sea, todas aquellas labores que llevan el conocimiento científico y tecnológico a las personas interesadas en entender o informarse de ese tipo de conocimiento. La divulgación pone su interés no sólo en los descubrimientos científicos del momento, sino también en teorías más o menos bien establecidas o aceptadas socialmente o incluso en campos enteros del conocimiento científico. [2, 3]

La divulgación científica y tecnológica aparece reflejada históricamente en muchas obras de diferentes autores. Entre las primeras obras evocadoras de la divulgación científica en el pasado remoto pueden citarse los Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo (1632), del astrónomo italiano Galileo Galilei y la revista norteamericana *Popular Science* (fundada en 1872) que es probablemente la primera publicación seriada que apareció con un carácter divulgativo. [2]

Actualmente la divulgación científica y tecnológica se realiza en prácticamente cualquiera de los formatos que existen en los diferentes medios de comunicación: documentales de televisión, revistas de divulgación científica y/o tecnológica, artículos en periódicos generales o páginas de Internet dedicadas a esta labor, exposiciones, semanas de la ciencia en algunos países, etc. Existen, incluso, canales de televisión dedicados exclusivamente a la divulgación científica y tecnológica o en los que esta nueva disciplina forma una parte destacada de la programación, tales como *Discovery Channel* o *National Geographic Channel*. Por el gran interés que ha surgido en muchos de los medios de comunicación por hacer de la ciencia y la tecnología unos de los temas centrales, la divulgación científica también recibe el nombre de periodismo científico. Podríamos decir periodismo científico y tecnológico.

Los científicos, los tecnólogos y los periodistas que se dedican a la divulgación de la ciencia y la tecnología son muy importantes y necesarios, ya que los nuevos conocimientos necesitan un agente difusor que pueda hacerlos llegar al público. La divulgación científica y tecnológica tiene como finalidad que el receptor se asegure de lo sucedido o simplemente se entere de lo pasado.

Pero, ¿se puede hacer una divulgación científica y tecnológica a las grandes masas de la población si esta no posee, al menos, un mínimo de conocimientos acerca de la ciencia y la tecnología? ¿No será necesaria también una formación básica sobre ciencia

y tecnología aun cuando no llegue esta a ser una formación especializada?

Formación científica y tecnológica

En la web www.tryscience.org, en el sitio “Pagina para Padres” se puede encontrar una reflexión muy interesante sobre la formación científica. Concretamente la pregunta “¿Quién necesita una buena formación científica?” y la respuesta “¡Todo el mundo!”. [4]

En dicho sitio, se comenta que una buena formación científica es importante para todos, no sólo para los que vayan a seguir una profesión tecnológica o científica, porque la ciencia está en todas partes y descubrir de qué modo interviene en nuestra vida diaria puede proporcionar una base excelente para el posterior desarrollo exitoso en la vida. La creencia de que la ciencia y la tecnología sólo son necesarias para los científicos e ingenieros es errónea en el mundo actual basado en las tecnologías avanzadas [4]. En los niveles educativos preuniversitarios, una sólida formación científica y tecnológica es fundamental para todos los alumnos, cualquiera que sea su condición sociocultural, aptitud, interés, capacidad y proyección pre-profesional futura.

Es necesario dotar a todos los niños y jóvenes de los conocimientos y las habilidades que forman lo que se denomina “aptitudes básicas en ciencias y tecnologías”; quiere esto decir, la capacidad de comprender el mundo que les rodea. Al ayudar a los niños a aprender a observar, obtener datos, hacer experimentos sencillos y sacar conclusiones, la ciencia y la tecnología contribuyen a agudizar la capacidad de análisis de los alumnos ante las ideas y los hechos con los que se encuentran durante el día a día.

Una buena formación científica y tecnológica para niños y jóvenes puede significar también una mejoría para la sociedad al contribuir a que los alumnos puedan convertirse en ciudadanos más responsables que contribuyan a construir una economía más fuerte, un medio ambiente más respetado y, en general, un

futuro más próspero para toda la población mundial. La revista norteamericana *Science for All Americans* [5] explica cómo una buena formación científica y tecnológica permite a los alumnos desarrollar la capacidad de comprensión y los hábitos mentales necesarios para convertirse en mejores seres humanos capaces de pensar por sí mismos y enfrentar la vida con garantía de triunfos.

Es posible que una buena parte del público en general no sea consciente de la enorme trascendencia que tiene la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana; otros pueden pensar que la ciencia y la tecnología “no es para ellos”. No obstante, la ciencia y la tecnología son para todos, sea cual sea el sexo, la raza, o el nivel de aptitud de cada uno, y hay oportunidades para todos, sin excluir a alumnos con discapacidades.

Si no, ¿qué eficiencia puede tener un proceso de divulgación de la ciencia y la tecnología a una masa poblacional que no dispone de conocimientos básicos para poder estar informado y actualizado acerca del mundo que lo rodea?

Divulgación y Formación en Nanotecnología

Una vez vistos los aspectos generales acerca de la divulgación y la formación en ciencia y tecnología, es posible adentrarse en el tema concreto de la divulgación y la formación en Nanotecnología formulándose ante todo la pregunta: ¿Por qué es necesaria la Divulgación y la Formación en Nanotecnología? Sólo es posible responder esta pregunta si se es capaz de reconocer la importancia que tiene la Nanotecnología, en sentido amplio, o la Nanociencia y la Nanotecnología en sentido estrecho.

Por ello es necesario, para poder esclarecer la necesidad de la divulgación y la formación en Nanotecnología, dar algunos fundamentos acerca de la importancia científica, tecnológica e industrial de esta novedosa rama de la ciencia y la tecnología.



FIGURA 1. Ejemplos de resultados científicos y tecnológicos de la Nanotecnología. (Composición de imágenes, [6])

En un artículo de J.D. Tutor Sánchez [6] se exponen las razones científicas y tecnológicas; comerciales y empresariales, y las razones sociales por las cuales la Nanotecnología cobra en la actualidad dicha importancia, y de ahí la trascendencia de su divulgación y su formación. A continuación, se tratan, resumidamente, las razones antes mencionadas.

Razones Científicas y Tecnológicas

- La Nanociencia es el estudio mecano cuántico de estructuras materiales, las cuales manifiestan comportamientos diferentes al comportamiento clásico de la materia a escalas micro y macroscópicas, así como mayores y mejores características para las 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 altas prestaciones nunca antes alcanzadas.

- La organización de la materia a escala nanométrica es clave en los sistemas biológicos.
- Los sistemas nanoestructurados 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 diseños de dispositivos electrónicos, circuitos más pequeños y más rápidos. funciones más sofisticadas y una gran reducción de la potencia consumida.

En la Figura 1 se muestran algunos ejemplos de resultados científicos y tecnológicos de la Nanotecnología en los campos de la fabricación de máquinas herramientas; el diseño computacional de un nanorobot; ejemplos de distintos sistemas nanoestructurados y la comparación de escalas de tamaño de nanodispositivos.

Razones Comerciales y Empresariales

En la actualidad existen más de 1300 productos y servicios que se comercializan en el mercado cuya base es la Nanotecnología. Entre ellos se encuentran aparatos electrodomésticos, equipos de automoción, textiles, envases y embalajes, productos cosméticos, medicamentos y fármacos, etc. [7]. En la Figura 2 se muestran algunos ejemplos de estos productos.

En cuanto a los beneficios económicos puede referenciarse el evento “*International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*” celebrado durante los días 27 y 28 de Marzo del 2012 en Washington D.C. (www.nano.gov/node/729). En dicho simposio, se presentaron resultados sobre los beneficios económicos en empresas que comercializan productos de base nanotecnológica



FIGURA 2. *Productos y servicios con base nanotecnológica en el mercado (Composición de imágenes, [6])*

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. [8]

En un artículo publicado el 30 de Marzo de 2011 por Vincent Caprio, Director Ejecutivo de la Asociación de Comercialización “NanoBusiness”, se destaca que la visión de la nueva Asociación de Comercialización “NanoBusiness” es clara y precisa al tratar de asegurar que los Estados Unidos es un líder mundial en el campo, todavía emergente, de la nanotecnología. “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” mencionaba Caprio. [9] 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.

Sin olvidar que hay que afrontar con claridad las cuestiones éticas, morales, problemas contaminantes, etc. 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 approaches massive growth phase” publicado en la revista electrónica Small Times. [10]

Razones Sociales

La sociedad actual se encuentra ante disyuntivas realmente importantes. Entre 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. 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 hace algunos años lograron las cotizaciones en el Nasdaq y los mercados financieros.

Pero ante esta situación que lejos de parecer ficción es una realidad que nos rodea ya cada día: ¿Cómo asimilará la sociedad estos avances de la humanidad? ¿Están los gobiernos de los Estados preparados? ¿Hay conciencia política sobre la relevancia del tema? ¿Hay divulgación de estos temas entre los ciudadanos? ¿La televisión, la prensa escrita y los portales de Internet introducen estos debates y su divulgación en las masas? ¿Se contribuye de alguna manera a la existencia de una formación reglada, o educación formal, 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 la respuesta a ¿Por qué es necesaria la Divulgación y la 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 de la población mundial acerca de los éxitos presentes y futuros de estos avances de la ciencia y la tecnología.

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. se ha creado el centro “US National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering” (<http://www.nclt.us>); 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 (http://www.nano.edu.tw/en_US/); en Francia (http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/expositions/nanotechnologies/); en Alemania (<http://www.nanotruck.de>) se han llevado a cabo grandes exposiciones itinerantes. Incluso países emergentes como Irán están apostando por la divulgación y educación de la nanotecnología a través de exposiciones, jornadas, materiales educativos, programas universitarios específicos, etc. (<http://en.nano.ir/>).

Un ejemplo en la región Iberoamericana se puede encontrar en la misión y los objetivos de la Red temática “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.org), perteneciente al Área Temática 6 de Ciencia y Sociedad, del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED. Esta red surge como un intento de llevar a la práctica las respuestas a las preguntas que se han planteado anteriormente sobre el porqué es necesario la divulgación y la formación en Nanotecnología. En la actualidad, la red NANODYF, cuenta con 14 grupos en 11 países iberoamericanos (España, Portugal, México, Cuba, Venezuela, Colombia, Perú, Brasil, Argentina, Chile y Costa Rica).

La Red NANODYF, espera obtener, durante su funcionamiento, los siguientes resultados:

- Establecer el diagnóstico de la situación actual en los países participantes en la Red acerca de la divulgación y la formación a distintos niveles en Nanotecnología.
- El diseño de estrategia de divulgación de la Nanotecnología para los países participantes en la Red que pueda extenderse a otros países de la región iberoamericana respondiendo a los respectivos niveles de desarrollo socio-económico y científico-tecnológico.
- El desarrollo de materiales y puntos de encuentro (www.nanodyf.org) 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-tecnológico.

Entre las variadas acciones que realiza la Red NANODYF se encuentra la celebración anual del Simposio Iberoamericano de Divulgación y Formación en Nanotecnología, que hasta la fecha se han celebrado en Puebla, México en 2012 (NANODYF '2012) y en Medellín, Colombia en 2013 (NANODYF '2013).

Conclusiones

Una vez descritos los aspectos generales acerca de la divulgación y la formación en ciencia y tecnología, abordamos el tema concreto de la divulgación y la formación en Nanotecnología. Para hacerlo, mencionamos algunos aspectos fundamentales acerca de su importancia científica, tecnológica e industrial. En conclusión, debido a dicha importancia, es imperativo que tengamos programas de divulgación y formación de la Nanotecnología. En Iberoamérica, se tiene la Red temática “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.org),

perteneciente al Área Temática 6 de Ciencia y Sociedad, del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED. Esta red surge como un intento de llevar a la práctica las respuestas a la pregunta ¿Por qué es necesaria la divulgación y la formación en Nanotecnología?

Agradecimientos

Los autores del presente artículo desean 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 la Red recibe de dicho Programa para su funcionamiento, como por el apoyo humano que se recibe desde la Secretaría General del mismo.

Referencias

- [1] A. Guillomet, “Investigar la investigación/research investigating,” (2012), (acceso 08-12-2012).
- [2] “Divulgación científica,” (2013), wikipedia, la enciclopedia libre (acceso 21-06-2013).
- [3] R. Núñez-Centella, “Galileo, pionero de la divulgación científica,” (2010), el País (acceso 30-03-2013).
- [4] “Tryscience,” (1999-2013), tryScience/New York Hall of Science (acceso 13-04-2013).
- [5] “Science for All Americans,” (1990), American Association for the Advancement of Science (acceso 15-04-2013).
- [6] J. D. Tutor Sánchez, *Rev. Digital Universitaria* **14**, (Consultada Marzo 2013) (2013).
- [7] “The project of emerging nanotechnologies,” (2013), (acceso 21-06-2013).
- [8] “International symposium on assesing the economic impact of nanotechnology,” (2012), march 27-28 2012, Washington D.C.
- [9] “Nanobusiness,” (2013), NY Nanobusiness (acceso 20-01-2013).
- [10] “Nanotech industry approaches massive growth phase,” (2004), small Times. Solid State Magazine (acceso 18-02-2013).