

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

THE IMPORTANCE OF OUTREACH AND EDUCATION ACTIVITIES IN NANOTECHNOLOGY

Joaquín D. Tutor-Sánchez¹, Noboru Takeuchi²

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica ETSI-ICAI Universidad Pontificia Comillas.
Madrid, España

² Centro de Nanociencias y Nanotecnología - Universidad Nacional Autónoma de México.
Ensenada, México

(Recibido: Julio/2015. Aceptado: Septiembre/2015)

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 se argumenta la importancia de la divulgación y la formación científica y tecnológica en nanociencia y nanotecnología. También se mencionan, brevemente, las acciones que acomete en este sentido la Red Internacional “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.com).

Palabras clave: Divulgación, Formación, Nanociencia, Nanotecnología.

Abstract

Nanoscience is the study of structures of size between 1 and 100 nanometers, called nanostructures, which, due to their small size scales 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 the importance of outreach and scientific and technological training in nanoscience and nanotechnology is argued. It is also briefly mentioned undertaken actions in this sense by the International Network “José Roberto Leite” of Outreach and Training in Nanotechnology, NANODYF (www.nanodyf.com).

Keywords: Outreach, Training, Nanoscience, Nanotechnology.

1. 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 grado 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; también 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.

2. Divulgación y Formación Científica Y Tecnológica

2.1. 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 Guillaumet [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 el ámbito científico puede ser también 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, videos, exposiciones) para una audiencia no especializada en su campo, aunque también puedan ser para 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 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 que está sucediendo 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? ¿Es el proceso de divulgación científica y tecnológica el mismo para distintos sectores de la sociedad? ¿No será necesaria también una formación básica sobre ciencia y tecnología aun cuando no llegue esta a ser una formación especializada?

2.2. Formación científica y tecnológica

En la web www.tryscience.org, en el sitio “Página 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.

Entonces, ¿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?

3. 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.

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.

3.1. 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 fármacos 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 Fig. 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.

3.2. 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 textiles anti-manchas y anti-humectantes, pantallas flexibles, pinturas, envases y embalajes, productos electrónicos, medicamentos y fármacos, etc. [7]. En la Fig. 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 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].

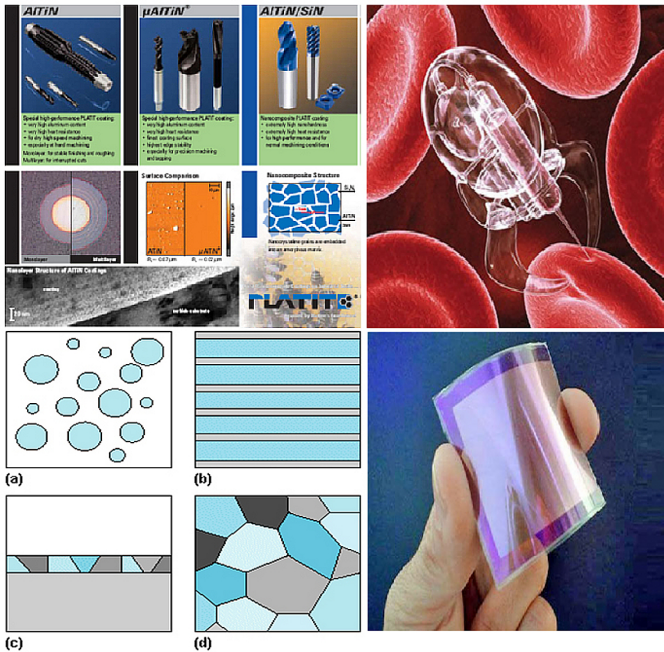


FIGURA 1. Ejemplos de resultados científicos y tecnológicos de la Nanotecnología. (Composición de imágenes, [6]).

¡ESTÁ CERCA DEL MERCADO!

<http://www.nanotechproject.org/> Mas de 1300 productos



Business Black Sock
nanopartículas de Ag
tejido anti-microbiano



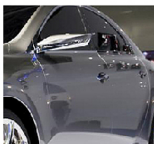
DeWalt Cordless Power-tool Set
baterías con cátodos de nanocristales de fosfato



Babolat® NS™ Tour Tennis Racket
resistencia reforzada con nanotubos de carbono



Commercial Coin-operated Washer
nanopartículas de plata anti-microbiano



Fast Seal
recubrimientos con tratamiento hidrofóbico



BlueMoonGoods™ Fresh Box Silver Nanoparticle Food Storage Containers
nanopartículas de Ag. Anti-microbiano

FIGURA 2. Productos y servicios con base nanotecnológica en el mercado (Composición de imágenes, [7]).

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 de riesgo, etc, inherentes a la aplicación de la nanotecnología en el mundo en el que vivimos, los expertos predijeron una fase de masivo crecimiento para la “nanoindustria” a partir del año 2005 lo cual se ha comentado en diversas fuentes, entre otras en el artículo “Nanotech Industry approaches massive growth phase” publicado en la revista electrónica Small Times [10].

3.3. 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, que incluye a la región iberoamericana, se puede encontrar en la misión y los objetivos de la Red Internacional “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación

en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.org), adscrita en la actualidad al Colegio Oficial de Físicos de España, COFIS (<http://www.cofis.es/>). Esta red surgió en el año 2011, como una acción del Programa CYTED, con la misión 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 23 Grupos Miembros en 19 países de Europa, USA y América Latina (España, Portugal, México, Cuba, República Dominicana, Guatemala, Nicaragua, El Salvador, Bolivia, Ecuador, Venezuela, Colombia, Perú, Brasil, Argentina, Chile, Uruguay, Costa Rica y Estados Unidos de Norteamérica).

Las actividades de la Red NANODYF se organizan a través de los Grupos de Trabajo, formado por los miembros de la misma, que voluntariamente prestan su ayuda y experiencia para llevar a cabo las diferentes tareas. Cada uno de los Grupos de Trabajo está liderado por sus responsables que son miembros del Comité de Organización de NANODYF [11].

Entre los distintos Grupos de Trabajo de NANODYF, los que están directamente relacionados con las acciones de divulgación y formación en Nanotecnología son los siguientes:

- Divulgación de Nanotecnología para alumnos de Educación Secundaria y estudiantes de Universidades.
- Divulgación de Nanotecnología para sectores no educacionales de la Sociedad: políticos, empresarios, comunidades autóctonas, sociedades profesionales, asociaciones civiles, etc.
- Formación en Nanotecnología en Educación Secundaria.
- Formación en Nanotecnología en Educación Universitaria.

De esta manera, las acciones de divulgación de Nanotecnología se organizan, planifican y llevan a cabo considerando las diferencias que las mismas deberán tener en cuenta dadas las características de los sectores sociales a quienes van dirigidas; por otro lado, las acciones de formación en Nanotecnología deberán también tener en cuenta las diferencias de los niveles de enseñanza de las poblaciones estudiantiles a quienes van dirigidas.

Conclusiones

Una vez descritos los aspectos generales acerca de la divulgación y la formación en ciencia y tecnología, se abordó el tema concreto de la divulgación y la formación en Nanotecnología. Para hacerlo, se han mencionado algunos aspectos fundamentales acerca de su importancia científica, tecnológica, industrial y social, lo que permitió destacar el por qué es necesaria la divulgación y formación de la Nanotecnología, así como disponer de estrategias regionales para llevarlas a cabo. En Iberoamérica, se cuenta con la presencia de la Red Internacional “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.org). Esta red, a través de sus Grupos de Trabajo, intenta llevar a la práctica acciones concretas como 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 a todos los Representantes Nacionales y Grupos Miembros de la Red NANODYF por su implicación en las acciones que esta red se propone en el presente así como en el futuro para dar respuestas al título del presente artículo.

Referencias

- [1] A. Guillaumet, “Investigar la investigación/research investigating,” (2012), (2015.11.23).
- [2] “[http://es.wikipedia.org/wiki/divulgación_científica](http://es.wikipedia.org/wiki/divulgaci3n_científica),” (2015.11.23).
- [3] R. Núñez Centella, “Galileo, pionero de la divulgación científica,” El País (2010).
- [4] TryScience, “<http://www.tryscience.org/es/parents/wsm1.html>,” (2015.11.23).
- [5] Science for All Americans, “<http://www.project2061.org/tools/sfaaol/intro.htm>,” (2015.11.23).

- [6] J. D. Tutor-Sánchez, *Revista Digital Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México* **4** (2013).
- [7] Project on Emerging Nanotechnologie, “<http://www.nanotechproject.org>,” (2015.11.23).
- [8] United States National Nanotechnology Initiative, “International Symposium on Assesing the Economic Impact of Nanotechnology, Washington D.C.” (2012).
- [9] “<http://www.nynanobusiness.org>,” (2015.11.23).
- [10] Small Times. Solid State Magazine, “<http://www.electroiq.com/articles/stm/2004/09/nanotech-industry-approaches-massive-growth-phase.html>,” (2015.11.23).
- [11] J. D. Tutor-Sánchez, “Nueva estructura y organización de la red “José Roberto Leite” de divulgación y formación en nanotecnología, nanodyf,” (2015.11.23).