

---

**ESTRATEGIAS DE DIVULGACIÓN DE  
NANOTECNOLOGÍAS EN ESTADOS UNIDOS, ESPAÑA Y  
MÉXICO: CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE ARRIBA HACIA  
ABAJO O DE ABAJO HACIA ARRIBA**

**PUBLIC COMMUNICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN  
THE UNITED STATES, SPAIN AND MEXICO: TOP-DOWN  
OR BOTTOM-UP SOCIAL CONSTRUCTION**

**Miguel García, Guillermo Foladori**

Unidad Académica de Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, México

(Recibido: Octubre/2014. Aceptado: Enero/2015)

**Resumen**

En el inicio del siglo XXI hemos sido testigos del avance de un gran sistema científico-tecnológico emergente, las nanotecnologías, cuyos promotores ubican como la nueva revolución tecnológica. La esencia de este sistema se encuentra en la manipulación de la materia a nivel atómico y molecular, en la escala de los nanómetros, lo cual hace que estos avances resulten esotéricos para la mayor parte de los públicos no especializados. Esto nos lleva a preguntarnos ¿cómo hacer frente a avances que no podemos ver o sentir, que pocos entienden y que ya están cambiando nuestras vidas? La manera de involucrar a la sociedad en su construcción es fundamental para la forma en que ésta va a reaccionar frente a estas nuevas tecnologías. En el presente trabajo se compara la forma de construir socialmente a las nanotecnologías en Estados Unidos, España y México, como una forma de entender la ruta de estos avances en cada uno de estos países.

**Palabras Clave:** Divulgación de nanotecnologías; construcción social de nanotecnologías.

## **Abstract**

In the early twenty-first century we have witnessed the progress of a large emerging scientific and technological system, nanotechnologies, seen by its promoters as the new technological revolution. The essence of this system lies in the manipulation of matter at the atomic and molecular level, which makes these advances esoteric for most of the non-specialized publics. This leads us to ask how to cope with developments that we cannot see or feel, that few understand but are changing our lives? The way society gets involved in their construction is critical to how people will react to these new technologies. In this paper we compare the social construction of nanotechnologies in the United States, Spain and Mexico, to try to understand the path of these advances in each of these countries.

**Keywords:** Public communication, nanotechnologies, social construction of science.

## **Introducción: de ciencia, tecnología, sociedad y divulgación**

La ciencia y tecnología (CyT) representan una paradoja para la sociedad moderna: los productos de sus avances están por todos lados pero se han vuelto tan especializadas que la mayoría de las personas no tienen una idea clara de cómo funcionan, la forma de aprovecharlos o cómo afectarán sus vidas. En las palabras de Carl Sagan [1]: “Vivimos en una sociedad absolutamente dependiente de la ciencia y tecnología y aún así nos las hemos arreglado para que casi nadie entienda la ciencia y tecnología”. Pareciera que la CyT se alejan de la sociedad.

A pesar de lo anterior -como señala Lewenstein [2]- la CyT solo existen en un contexto social y no podemos entender su desarrollo sin comprender tanto las condiciones sociales que las producen como las condiciones científico-tecnológicas que ayudan a dar forma a la sociedad. Es tarea de la divulgación comunicar a públicos no expertos los elementos técnicos de la CyT y también los aspectos sociales -históricos, económicos, políticos y culturales- asociados a ellos. Para Alcibar [3] la divulgación de la CyT selecciona, redirige, adapta y recrea conocimientos producidos en un ámbito especializado para que -una vez transformados- cumplan una función social en un contexto distinto. La

forma de plantear el proceso de comunicación es determinante para la representación social que se construye y refleja la visión del rol que el divulgador le asigna a la sociedad en el proceso. La literatura de comunicación pública de la CyT ofrece tres modelos de relación con los públicos: déficit, interactivo y compromiso público.

El uso de término *déficit* se refiere a una transmisión de conocimiento desde los científicos, como expertos que eligen qué desean comunicar y cómo hacerlo, al público ignorante que se limita a asimilar pasivamente el conocimiento [4]. Se adopta un enfoque propagandístico que muestra una perspectiva llena de bondades y carente de defectos (o riesgos); lo que se puede entender como el intento de la comunidad científica para conseguir recursos para sus propósitos [5].

En contraparte se ha propuesto realizar la divulgación a través de una interacción basada en aspectos como precisión, información de riesgos, el contexto de las personas y, sobre todo, el nivel de interés de los públicos por buscar información [5]. Así surgió el modelo interactivo, o de diálogo, con la idea de una interacción simétrica de la CyT con sus públicos, los cuales asumen un rol activo en un proceso divulgación que es una creación conjunta de los conocimientos científico y local [6].

El modelo democrático, planteado por Durant [7], sirve de base para lo que ahora ha llegado a conocerse como compromiso público (*public engagement*) e implica la creación de mecanismos que faciliten un debate público informado -con la participación de expertos técnicos, expertos no técnicos, representantes de grupos de interés y ciudadanos o “gente común”- como base para políticas públicas democráticas sustentables que cuenten con la confianza del público.

El tipo de interacción y discusión social planteada por los modelos, interactivo y de compromiso público es muy importante en la construcción de sistemas científico-tecnológicos emergentes; como las nanotecnologías (NT), un sistema que combina elementos novedosos, complejos y disruptivos. La forma y el contenido de las estrategias de divulgación influyen en la perspectiva y acciones de la sociedad respecto a las NT.

## Las nanotecnologías (NT)

Las NT representan un concepto paraguas que agrupa avances de diferentes campos: microscopía, electrónica, química, biotecnología y farmacología, por mencionar algunos. El único elemento común para estas disciplinas es el tamaño; trabajan con materiales que cuentan con al menos una dimensión en el rango de entre 1 y 100 nanómetros<sup>1</sup>. Mihail Roco, líder del impulso a las NT en Estados Unidos, las define como:

“la habilidad para controlar y reestructurar la materia al nivel atómico y molecular, en el rango de 1-100 nm, así como explotar propiedades y fenómenos distintos en esa escala (...). La meta es crear materiales, dispositivos y sistemas con propiedades y funciones fundamentalmente nuevas a través de la ingeniería en su pequeña estructura.” [8]

Las NT ya nos ofrecen nuevos dispositivos para la generación y almacenamiento de energía, materiales más ligeros y resistentes, electrónicos cada vez más pequeños y potentes, así como medicamentos experimentales que pueden enviarse a objetivos específicos en el cuerpo. Y no olvidemos la base material del potencial revolucionario: los microscopios de proximidad -de fuerza atómica (AFM) y de barrido de túnel (STM)- que por primera vez le permitieron al ser humano visualizar y manipular la materia con precisión atómica.

Un aspecto interesante del origen de las NT es que tiene un fuerte componente de comunicación; fue necesaria una estrategia discursiva dirigida primero a investigadores, con la conferencia “*There's plenty of room at the bottom*” de Feynman [9], y luego a públicos no especializados, con Drexler [10] y Roco [11], para construir una visión integradora cuya novedad no fue el trabajo técnico en sí mismo -mucho del cual se venía realizando décadas atrás- sino la capacidad de vender a los diferentes sectores el potencial de los nuevos avances.

Sin embargo, la participación social se ha visto limitada por la falta de visibilidad de las NT, pues muchas personas ni siquiera saben de su

---

1 Un nanómetro equivale a  $10^{-9}$  metros, es decir, la millonésima parte de un milímetro.

existencia: a diferencia de otros importantes sistemas tecnológicos perfectamente identificables -como el generador eléctrico o los aparatos electrónicos- las NT son invisibles: son tan pequeñas que no podemos identificarlas a simple vista. Hasta ahora la mayoría de las personas no están familiarizadas con el concepto de NT y prácticamente no tienen conocimientos de lo que es y lo que podría llegar a ser [12].

Un meta-análisis de 22 encuestas realizadas entre 2002 y 2009 en Estados Unidos, Canadá, Europa y Japón encontró bajos niveles de familiaridad con las NT pero con una visión de beneficios que se imponen a los riesgos con un margen de 3 a 1, si bien un 44% de las personas aún no establecían una postura al respecto [13]. Este alto grado de desconocimiento nos lleva a preguntarnos si se está haciendo divulgación para corregir esta situación y cuáles son las características de las estrategias que se llevan a cabo.

### **Estudio de tres países: Estados Unidos, España y México**

El presente trabajo realiza un análisis preliminar de productos de divulgación en tres países, a través de tres medios específicos de divulgación. Los países son Estados Unidos, como líder internacional en el avance de las NT; España, líder iberoamericano en estrategias de divulgación en el tema nano; y México, un país periférico que busca subirse a la ola de las NT. Los medios implican tres formas de relacionarse con los públicos: libros, exposiciones interactivas y videos documentales disponibles en el portal youtube.

En este análisis buscamos establecer un paralelismo entre el trabajo técnico y la construcción social de las NT. En el abordaje técnico hay dos formas de desarrollar NT: de arriba hacia abajo (*top-down*), al manipular los materiales de lo grande hacia lo pequeño con técnicas de litografía, corte, grabado y afilado [14]; y de abajo hacia arriba (*bottom-up*), se ensamblan piezas atómicas y moleculares para crear avances a través de procesos de síntesis química, y diferentes tipos de ensamblaje [14]. En la divulgación existe la posibilidad de estrategias de arriba hacia abajo, promovidas desde los gobiernos para crear acciones de gran calado, o de abajo hacia arriba, promovidas por agentes con recursos y alcances más limitados pero con un alto impacto local. Primero ofrecemos un contexto general de cada país, a forma de preámbulo para abordar un estudio preliminar de divulgación de NT en los 3 países.

## **Estados Unidos: el pionero.**

Estados Unidos es el referente mundial en el impulso de las NT, sus estrategias abrieron camino y marcaron una tendencia a nivel internacional desde la década de 1990. En el año 2000 este país estableció la *National Nanotechnology Initiative* (NNI) programa que desde entonces ha invertido más de 19 mil millones de dólares en NT. La NNI siempre contempló un apartado de divulgación de NT pero el compromiso creció en 2005 cuando la NSF otorgó el apoyo más grande para una estrategia de divulgación en su historia: 20 millones de dólares para crear la *Nanoscale Informal Science Education Network* (NISE Net) [15]. El financiamiento se renovó en 2010 para otros 5 años, con lo que el proyecto a la fecha suma más de 41 millones de dólares. La NISE Net ha creado materiales -exposiciones, talleres, videos y libros- que comparte de forma libre a través de su sitio web; además se han impulsado múltiples foros de compromiso público con las NT. Hasta la fecha cientos de museos de ciencia y otras organizaciones de educación científica no formal han participado en las diferentes actividades de la NISE Net.

Paralelamente, la *National Nanotechnology Infrastructure Network* (NNIN) una organización integrada por centros de investigación en NT en 14 universidades ha promovido actividades de divulgación como la revista *Nanooze* y la exposición del mismo nombre, así como la creación de un manual de talleres demostrativos para abordar las NT, el museo móvil “Nanoexpress” y talleres locales en sus diferentes sedes. Además de estos esfuerzos de coordinación nacional que han sido aprovechados por cientos de instancias locales, existen numerosas estrategias independientes de divulgación de NT en Estados Unidos: desde acciones de centros académicos hasta actividades individuales.

## **España: falta de articulación en la divulgación**

España hasta finales de la década pasada se ubicaba como el séptimo país en términos de producción científica en NT a nivel mundial y el más productivo en el contexto iberoamericano [16]. La capacidad española inició con el acceso privilegiado de grupos de investigación al trabajo de microscopía de proximidad (STM y AFM) en la década de 1980 [17] y creció gracias a la organización de los investigadores en la Red NanoSpain, la cual cuenta con más de 310 grupos inscritos y sirvió de

catalizador para darle trascendencia a las NT dentro de los planes nacionales de I+D+i entre 2004 y 2011.[18]

Sin embargo esto no se ha reflejado en un trabajo sistemático respecto a la divulgación de NT. La Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT) no ha realizado hasta el momento una estrategia para articular el trabajo de divulgación de NT a escala nacional. La única estrategia de la FECYT para la divulgación de las NT fue la elaboración de la Unidad Didáctica de Nanociencia y Nanotecnología. A nivel individual destaca la labor de Pedro Serena, quien ha participado en la publicación de tres libros de divulgación de las NT, promovió la creación de la exposición “Un paseo por el nanomundo”, desarrolló el taller “Explorando el nanomundo” y fue el líder de la serie de documentales “¿Qué sabemos de nanotecnología?”, realizados de forma conjunta por el CSIC y la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

### **México: un rumbo incierto.**

México ha comprado la receta de los organismos internacionales de apostar a las NT como agentes de competitividad, sin embargo esto se realiza sin una estrategia clara y con recursos paupérrimos para los estándares internacionales. La política mexicana en materia de NT está plagada de buenas intenciones pero no existe una verdadera estrategia rectora para el trabajo en el tema a nivel nacional [19]. De forma semejante, las acciones de comunicación pública de las NT parten de iniciativas aisladas por parte de investigadores y centros académicos; destaca en este sentido el trabajo de “Ciencia Pumita”, liderada por Noboru Takeuchi desde el centro de Nanociencias y Nanotecnologías de la UNAM en Ensenada, que ha publicado una serie de libros y documentales.

### **El estudio piloto**

En total, para los tres países, se tiene detectado un universo 82 productos de divulgación de NT en los medios seleccionados: 40 libros, 25 exposiciones/talleres, y 17 documentales que se distribuyen de la siguiente manera: 25 libros en Estados Unidos (Us)., 10 en España (Es) y

<b>Nombre</b>	<b>Autor/Líder</b>	<b>Medio</b>	<b>País</b>
Radical abundance	Eric Drexler	Libro	EE.UU.
Alice in nanoland	Leigha Horton, Stephanie Long	Libro	EE.UU.
Nanociencia y Nanotecnología	José Martín Gago	Libro	España
La nanotecnología	Pedro Serena	Libro	España
Nanociencia y Nanotecnología	Noboru Takeuchi	Libro	México
El pequeño e increíble Nanomundo	Noboru Takeuchi, Marisol Romo	Libro	México
Nano	Rae Ostman, Ali Jackson	Expo/Taller	EE.UU.
Nanotechnology Outreach Demonstrations	Nancy Healy, Joyce Palmer	Expo/Taller	EE.UU.
Explorando el Nanomundo	Pedro Serena	Expo/Taller	España
Dimensió Nano	Boaz Kogon	Expo/Taller	España
Nanotechnology: what's the big deal?	NISE Net	Video	EE.UU.
¿Qué sabemos de nanotecnología?	Pedro Serena	Video	España
¿Qué es la nanotecnología?	UNAM	Video	México

TABLA 1. Estrategias seleccionadas para estudio. Fuente: elaboración propia

5 en México (Mx); 18 Exposiciones en Us, 5 en Es y 3 en Mx; 9 documentales en Us, 2 en Sp y 6 en Mx.

Para analizar los diferentes productos se construyó una matriz de caracterización que considera 7 aspectos del contexto en que se realizó la divulgación (tipo de institución que promueve el esfuerzo, instituciones que colaboran, adscripción del líder, fuente de financiamiento, institución que distribuye el producto, formación académica del líder y labor principal del líder), 7 elementos de forma (modelo de divulgación,

tipo de estructura discursiva, recursos narrativos, recursos paradigmáticos, enfoque y sector al que se dirige) y 8 de contenido (elementos técnicos, información adicional, aplicaciones destacadas, ventajas atribuidas, a qué necesidades se atribuyen respuestas, sectores de riesgo, medidas de protección, bordaje de regulaciones). Los elementos de contexto, forma y contenido buscan elaborar una caracterización integral de la construcción de los productos.

A partir de esto se hizo una selección de aquellas que cuentan con el apoyo de una organización oficial, que surgieron de una red de colaboración o se insertan en un proyecto más amplio de participación social en NT. Como primera prueba para la matriz de caracterización seleccionaron 13 estrategias (Tabla 1).

Tras analizar las características de cada una de las estrategias, la información recabada se capturó en la matriz. De esta forma es posible ubicar ciertas tendencias de los elementos que la divulgación ofrece para la participación de los diferentes agentes y públicos en la construcción social de las NT.

## Resultados

Gráfica 1. Contexto institucional de estrategias de divulgación. Fuente: Elaboración propia.

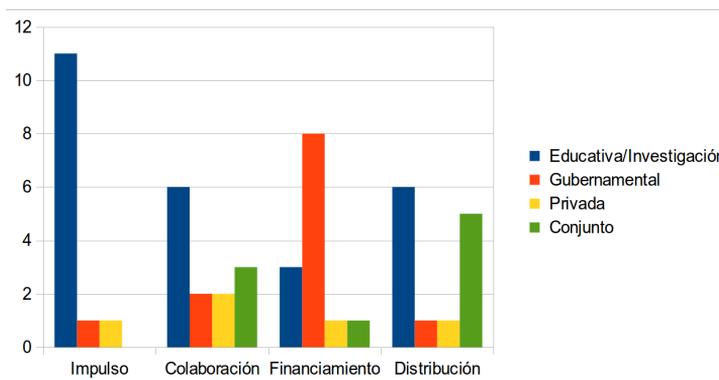


FIGURA 1 Contexto institucional de estrategias de divulgación.

Gráfica 2. Modelo de divulgación usado por las estrategias por país. Fuente: Elaboración propia.

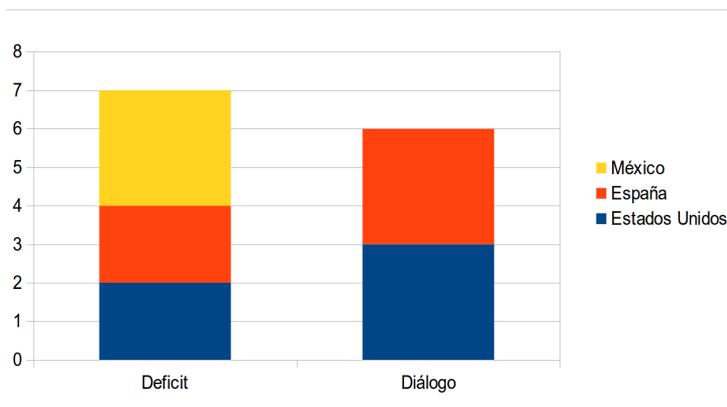


FIGURA 2. Modelo de divulgación usado por las estrategias por país.

En primer lugar se analizó el contexto institucional que dio origen a la estrategia: con el tipo de institución que asumió el liderazgo, las instituciones colaboradoras, aquellas que otorgaron el financiamiento y las que distribuyeron los productos. La gráfica 1 muestra que por lo general las estrategias provienen de instituciones educativas como universidades, museos y centros de investigación, mientras que el financiamiento proviene en gran medida del sector gubernamental.

En cuanto al modelo de divulgación utilizado en las estrategias (Gráfica 2), encontramos una pequeña ventaja en las estrategias que trabajan tipo déficit (7) sobre aquellas que buscan establecer un diálogo (6). Esto puede explicarse si consideramos que solo 3 de los 13 líderes de los proyectos se dedican a la divulgación como su actividad principal, mientras que de los demás 9 son investigadores y 1 administrador de un centro científico.

La Gráfica 3 nos permite hacer un contraste del contenido de las diferentes estrategias: encontramos que la totalidad de las estrategias incorpora los elementos técnicos generales que caracterizan a las NT y la mayoría hablan de las principales líneas de trabajo en las que se avanza, sin embargo la presencia de historia, aspectos sociales y riesgos es mucho más baja -especialmente en México, donde el abordaje del tema

es nulo. En esencia las estrategias que incorporan estos elementos son aquellas que han alcanzado un mayor grado de madurez y que involucran tanto a especialistas en el tema de NT como en ciencias sociales y a divulgadores profesionales, para trascender una visión técnica/paradigmática y ofrecer una narrativa integral capaz de incorporar lo científico-tecnológico a la par de lo social.

Gráfica 3. Contenido abordado en estrategias por país. Fuente: Elaboración propia.

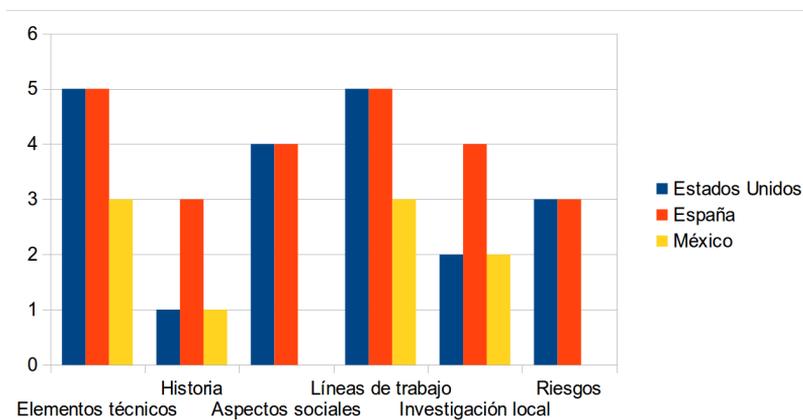


FIGURA 3. Contenido abordado en estrategias por país.

## Conclusiones

La divulgación de NT en México y España se caracteriza en general por estrategias que van de abajo hacia arriba, con muy poca participación gubernamental o empresarial para impulsar estrategias de gran calado. Si bien el trabajo en Estados Unidos inició de forma semejante, permitiendo la acumulación de experiencia y capacidad para dar a conocer el tema por parte de divulgadores e investigadores, la creación de grandes estrategias promovidas por la NSF ha permitido aprovechar el trabajo inicial -desde abajo- para multiplicar el efecto de la divulgación de NT con nuevas estrategias promovidas desde arriba. En este sentido la experiencia parece mostrar que, para iniciar, es necesario acumular experiencia con trabajo de abajo hacia arriba para luego aspirar a un impacto mucho mayor con proyectos de arriba hacia abajo.

Finalmente, hay que destacar que es imposible separar a la CyT de su contexto social y de la forma en que se moldean mutuamente, sin embargo muchas estrategias de divulgación de NT dejan fuera los aspectos sociales; más aún, se desestima el aporte que los públicos pueden hacer al proceso de comunicación y el valor de la sociedad misma para la definición del rumbo de las NT. De forma implícita se muestra que el camino de los avances científico-tecnológicos -y de su divulgación- debe definirse por expertos, sin tomar en cuenta las necesidades y preocupaciones de la sociedad que apoya su trabajo.

Sin embargo, ya existen experiencias en que la interacción de científicos con diferentes agentes y la colaboración entre especialistas de NT con divulgadores profesionales permite trascender una visión limitada a lo técnico para -de forma conjunta con el público- construir una perspectiva de lo que ha sido y lo que puede ser a futuro la trayectoria de la dialéctica entre nanotecnología y sociedad. De esta forma se empieza a abrir la puerta para una creciente participación social en la definición de la ruta de las NT.

## Referencias

- [1] Sagan, Carl, *Conversations with Carl Sagan*, Univ. Press of Mississippi, (2006).
- [2] Lewenstein, Bruce, What counts as a 'Social and Ethical Issue' in nanotechnology?, *Hyle*, **11**, 6 (2005).
- [3] Alcívar Cuello, Miguel, La divulgación mediática de la ciencia y la tecnología como recontextualización discursiva, *Anàlisi: Quaderns de comunicació i cultura*, **31**, 45 (2004).
- [4] Durant, John, Participatory technology assessment and the democratic model of the public understanding of science, *Science and Public Policy*, **26**, 314 (1999).
- [5] Lewenstein, Bruce, Science and the Media, en *Handbook of Science and Technology Studies*, p. 349, Sage, (1995).
- [6] Gross, Alan, *The roles of rhetoric in the public understanding of science*, *Public Understanding of Science*, **3**, 5 (1994).
- [7] Durant, John, Participatory technology assessment and the democratic model of the public understanding of science, *Science and Public Policy*, **26**, 314 (1999).
- [8] Roco, Mihail, The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Initiative at 10 Years, *Journal of Nanoparticle Research*, **13**, 427 (2011).

- [9] Feynman, Richard, There's plenty of room at the bottom, *Engineering and Science*, **23**, (1960).
- [10] Drexler, Eric, *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*, (1987).
- [11] Roco, Mihail, The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Initiative at 10 Years, *Journal of Nanoparticle Research*, **13**, 427 (2011).
- [12] Macnaghten, Phil, Researching Technoscientific Concerns in the Making: Narrative Structures, Public Responses, and Emerging Nanotechnologies, *Environment and Planning A*, **42**, 23 (2010).
- [13] Roco, Mihail, Harthorn, Barbara, Guston, David y Shapira, Philip, Innovative and responsible governance of nanotechnology for societal development, *Journal of Nanoparticle Research*, **13**, 3563 (2011).
- [14] Mariotti, Davide, Jackson, Micheal, Lewis, Elaine, Schulte, Thomas and Kurinec, Santosh, *Nanotechnology in Education: Top-down and Bottom-up Approach*, 261–272, in: *Innovations 2008. World innovations in engineering education and research*, (2008).
- [15] Chittenden, David, Roles, opportunities, and challenges - science museums engaging the public in emerging science and technology, *Journal of Nanoparticle Research*, **13**, 1554 (2011).
- [16] OEI, *La Nanotecnología en Iberoamérica, situación actual y tendencias*, (2009).
- [17] Serena, Pedro y Tutor, Joaquín, *La divulgación y la formación de la nanociencia y la nanotecnología en España: un largo camino por delante*. *Mundo Nano*, **4**, 48 (2011).
- [18] Serena, Pedro (2014), *Divulgación de nanotecnologías en España*, entrevista personal.
- [19] Záyago, Edgar y Foladori, Guillermo, *La nanotecnología en México: un desarrollo incierto*, *Economía Sociedad y Territorio*, **X(32)**, 143 (2010).