

ESTUDIOS

E

LIBRO BLANCO DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

UNA VISIÓN ÉTICO-SOCIAL
ANTE LOS AVANCES DE LA NANOCIENCIA
Y LA NANOTECNOLOGÍA

MARÍA CASADO GONZÁLEZ
JORDI DÍAZ MARCOS
GERARD GUIMERÀ BALLESTA
JOAN MENDOZA GONZÁLVEZ
ROGER PONCE SIGÜENZA
PEDRO AMALIO SERENA DOMINGO
MARÍA TENORIO TUÑAS
COORDINADORES

PRÓLOGO DE GUILLEM AROMÍ

THOMSON REUTERS
ARANZADI

01 FEB 2022

Libro Blanco de las Nanotecnologías [Una visión ético-social ante los avances de la Nanociencia y la Nanotecnología], 1ª ed., septiembre 2021
INICIO

MARÍA CASADO GONZÁLEZ
JORDI DÍAZ MARCOS
GERARD GUIMERÀ BALLESTA
JOAN MENDOZA GONZÁLVEZ
ROGER PONCE SIGÜENZA
PEDRO AMALIO SERENA DOMINGO
MARÍA TENORIO
Coordinadores

LIBRO BLANCO DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

Una visión ético-social ante los avances de la Nanociencia y la Nanotecnología

Autores

JOSE RENATO ALVES SCHMIDT	JULIA LORENZO RIVERA
GUILLEM AROMÍ	MIGUEL ANGEL MÉNDEZ-ROJAS
MIRIAM BELLOC SANTALIESTRA	JOAN MENDOZA GONZÁLVEZ
MARIA ANTÒNIA BUSQUETS I VIÑAS	NÚRIA SARA MIRAS BORONAT
MARÍA CASADO GONZÁLEZ	MARÍA DEL CARMEN MORÁN BADENAS
BRENDA CRUZ GONZÁLEZ	ANNA FRANCESCA OLIETE CANELA
JOSÉ MANUEL DE CÓZAR ESCALANTE	ANDRÉS POLERI
JORDI DIAZ MARCOS	ROGER PONCE SIGÜENZA
WILSON ENGELMANN	GEMMA RIUS SUÑÉ
ALBA ESPARGARÓ COLOMÉ	PERE RUIZ TRUJILLO
SÒNIA ESTRADÉ ALBIOL	PEDRO AMALIO SERENA DOMINGO
YOLANDA FERNÁNDEZ CAPARRÓS	MARÍA TENORIO
JESSICA ANDREA FLOOD-GARIBAY	JOSÉ VEGA-BAUDRIT
GUILLERMO FOLADORI	MAR VIANA
MIGUEL GARCÍA-GUERRERO	ANNA VILLARROYA PLANAS
GERARD GUIMERÀ BALLESTA	MARIA PILAR VINARDELL MARTÍNEZ-HIDALGO
MANUEL JESÚS LÓPEZ BARONI	RAQUEL VON HOHENDORFF

Prologuista

GUILLEM AROMÍ

THOMSON REUTERS

ARANZADI

Primera edición, 2021

El editor no se hace responsable de las opiniones recogidas, comentarios y manifestaciones vertidas por los autores. La presente obra recoge exclusivamente la opinión de su autor como manifestación de su derecho de libertad de expresión.

La Editorial se opone expresamente a que cualquiera de las páginas de esta obra o partes de ella sean utilizadas para la realización de resúmenes de prensa.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 45).

Por tanto, este libro no podrá ser reproducido total o parcialmente, ni transmitirse por procedimientos electrónicos, mecánicos, magnéticos o por sistemas de almacenamiento y recuperación informáticos o cualquier otro medio, quedando prohibidos su préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso del ejemplar, sin el permiso previo, por escrito, del titular o titulares del copyright.

Thomson Reuters y el logotipo de Thomson Reuters son marcas de Thomson Reuters

Aranzadi es una marca de Thomson Reuters (Legal) Limited

© 2021 [Thomson Reuters (Legal) Limited / María Casado González, Jordi Díaz Marcos, Gerard Guimerà Ballesta, Joan Mendoza González, Roger Ponce Sigüenza, Pedro Amalio Serena Domingo y María Tenorio (Coords.)]

© Portada: Thomson Reuters (Legal) Limited

Editorial Aranzadi, S.A.U.

Camino de Galar, 15

31190 Cizur Menor (Navarra)

ISBN: 978-84-1391-115-1

DL NA 1319-2021

Printed in Spain. Impreso en España

Fotocomposición: Editorial Aranzadi, S.A.U.

Impresión: Rodona Industria Gráfica, SL

Polígono Agustinos, Calle A, Nave D-11

31013 - Pamplona

01 FEB 2022

Libro Blanco de las Nanotecnologías [Una visión ético-social ante los avances de la Nanociencia y la Nanotecnología], 1ª ed., septiembre 2021
ÍNDICE GENERAL

Índice General

LISTA DE EQUIPO DE COORDINACIÓN

LISTA DE AUTORES

PRÓLOGO

PRESENTACIÓN

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CAPÍTULO 1

UNA ÉTICA PARA LAS NANOTECNOLOGÍAS. UNA PROPUESTA DESDE LA ÉTICA APLICADA

PERE RUIZ TRUJILLO

- 1. Introducción**
- 2. ¿Qué es la nanotecnología? Una definición para la ética**
- 3. Aspectos éticos**
- 4. Ética aplicada**
- 5. Conclusiones**
- 6. Referencias**

CAPÍTULO 2

LA NANOTECNOLOGÍA COMO PROBLEMA BIOÉTICO

MARÍA CASADO Y MANUEL LÓPEZ BARONI

- 1. El origen**
- 2. Las implicaciones**
- 3. La apuesta económica y el papel de los Estados**
- 4. Análisis de los criterios sostenidos por la Unión Europea a la luz del principio de precaución**
- 5. Las nanotecnologías en el contexto de las tecnologías disruptivas**
- 6. El documento sobre Nanotecnología y Bioética Global del Observatorio de Bioética y Derecho, de la Universidad de Barcelona, y el debate público en contextos plurales**
 - 6.1. A los centros de investigación*
 - 6.2. A los poderes públicos*
 - 6.3. A la industria*
 - 6.4. A los medios de comunicación*
 - 6.5. A la sociedad civil*
- 7. Referencias Bibliográficas**
 - 7.1. Normativa*

CAPÍTULO 3

NANOTECNOLOGÍA Y TRANSHUMANISMO. EL PAPEL DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EL MEJORAMIENTO HUMANO

JOSÉ MANUEL DE CÓZAR ESCALANTE

- 1. Introducción**

2. **Qué se entiende por mejoramiento humano**
3. **Tipos de contribuciones nanotecnológicas al mejoramiento humano**
4. **Premisas y derivas transhumanistas**
5. **Mejora, sí; transhumanismo, depende**
6. **Conclusiones**
7. **Referencias**

CAPÍTULO 4

LA INCLUSIÓN DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LAS NANOTECNOLOGÍAS

SÒNIA ESTRADÉ ALBIOL, NÚRIA SARA MIRAS BORONAT, GEMMA RIUS SUÑÉ Y ANNA VILLARROYA PLANAS

1. **Introducción**
2. **Segregación horizontal: por qué hay pocas chicas estudiando STEM**
3. **Segregación vertical: dificultades de las mujeres nanotecnólogas en la Academia y en la industria**
4. **Políticas de igualdad: el marco estatal y europeo de retención de talento femenino**
5. **Mujeres y nanotecnología en los medios**
6. **El impacto de la ciencia en la sociedad: género e interseccionalidad**
7. **Referencias**

CAPÍTULO 5

NANOTECNOLOGÍA Y LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE. NO DEJEMOS PARA MAÑANA LO QUE PODAMOS HACER HOY

PEDRO A. SERENA

1. **Introducción**
2. **De la economía globalizada al desarrollo sostenible**
3. **El impacto tecnológico de la Nanociencia y la Nanotecnología en los ODS**
4. **Algunos ejemplos**
5. **Más allá del impacto tecnológico**
6. **Conclusiones**
7. **Referencias**

CAPÍTULO 6

BUSCANDO UN MARCO LEGAL ÁGIL Y ADAPTATIVO PARA CONJUGAR EL ODS 12 CON LOS AVANCES NANOTECNOLOGÍAS. PROPUESTA DE UN SANDBOX JURÍDICO

WILSON ENGELMANN Y RAQUEL VON HOHENDORFF

1. **Introducción**
2. **El mundo nanotecnológico y sus aplicaciones**
3. **Los riesgos para el medioambiente y los seres humanos de las nanopartículas y el estudio del ciclo de vida**
4. **El “consumo y producción responsables” (ODS 12) como elementos sustanciales para estructurar un *sandbox normativo***
5. **Conclusión**
6. **Referencias**

CAPÍTULO 7

LA REGULACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

GUILLERMO FOLADORI

1. **Antecedentes**
2. **La regulación de las nanotecnologías en la Unión Europea**
3. **La regulación de las nanotecnologías en los Estados Unidos**
4. **Regulación de nanotecnologías en América Latina**
5. **Conclusiones**
6. **Agradecimientos**

7. Referencias

CAPÍTULO 8

NANOTOXICOLOGÍA. TOXICOLOGÍA DE NANOMATERIALES: MITOS, REALIDADES, ALCANCES Y LIMITACIONES

JESSICA A. FLOOD GARIBAY, MARIA DEL CARMEN MORÁN, ALBA ESPARGARÓ, MARIA ANTÒNIA BUSQUETS, MARIA PILAR VINARDELL

JULIA LORENZO Y MIGUEL A. MÉNDEZ-ROJAS

1. Necesidad de la definición del área de nanotoxicología

- 1.1. *Toxicología de partículas*
- 1.2. *Los nanomateriales y sus fuentes*
- 1.3. *Clasificación de los nanomateriales*
- 1.4. *Fuentes naturales de los nanomateriales*
- 1.5. *Fuentes antropogénicas de nanomateriales*

2. Tipos de interacciones entre los nanomateriales y los sistemas biológicos

- 2.1. *Vías de exposición ambiental a nanomateriales*
- 2.2. *Internalización de nanomateriales*
- 2.3. *Estrés oxidativo, Inflamación y Generación de especies reactivas de oxígeno (ROS)*
- 2.4. *Genotoxicidad y daño al ADN*

3. Métodos para la determinación de la toxicidad de los nanomateriales

- 3.1. *Ensayos de viabilidad*
- 3.2. *Apoptosis celular*
- 3.3. *Citotoxicidad*
- 3.4. *Monitorización de la producción de superóxido*
- 3.5. *Fototoxicidad*
- 3.6. *Genotoxicidad*
- 3.7. *Métodos In silico para determinar nanotoxicidad*

4. Fuentes de error en la determinación de toxicidad de nanomateriales: Interferencias de los nanomateriales con ensayos *in vitro*

5. Ecotoxicidad de los NMs

6. Perspectivas futuras sobre la nanotoxicología

7. Referencias

CAPÍTULO 9

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: NANOTECNOLOGÍA Y NANOMATERIALES

JOSÉ RENATO ALVES SCHMIDT, MIRIAM BELLOC, ANNA FRANCESCA OLIVETE Y MAR VIANA

1. Introducción

2. Posibles riesgos laborales en el uso de nanomateriales

3. Marco normativo laboral de prevención de riesgos

4. Evaluación de la exposición laboral

- 4.1. *Límites de exposición*
- 4.2. *Evaluación cualitativa*
 - 4.2.1. *Método CB Nanotool 2.0*
 - 4.2.2. *Método Stoffenmanager NANO 1.0*
 - 4.2.3. *Redes bayesianas*
- 4.3. *Evaluación cuantitativa de la exposición a nanopartículas en entornos laborales*

5. Medidas preventivas

- 5.1. *Actuaciones sobre el foco emisor*
- 5.2. *Medidas técnicas de control*
- 5.3. *Medidas generales organizativas*
- 5.4. *Medidas sobre el personal trabajador*

6. Consideraciones finales

7. Bibliografía

CAPÍTULO 10

DIVULGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

- 1. Introducción**
- 2. Divulgación de la Ciencia y Tecnología**
- 3. AEIOU: las reacciones que busca la divulgación**
- 4. Importancia de la divulgación de Nanotecnologías (NT)**
- 5. Retos para la divulgación de NT**
- 6. Estudios Relevantes**
- 7. El poder de las narrativas para complementar la discusión técnica**
- 8. Conclusiones**
- 9. Agradecimientos**
- 10. Bibliografía**

CAPÍTULO 11

EL RETO DE DIVULGAR LAS NANOTECNOLOGÍAS, CASOS DE ÉXITO

JORDI DÍAZ MARCOS, BRENDA CRUZ GONZÁLEZ, MIGUEL A. MÉNDEZ-ROJAS, ANDRÉS POLERI, JOSÉ R. VEGA-BAUDRIT, GERARD GUIMERÀ Y PEDRO A. SERENA

- 1. Introducción**
- 2. Herramientas de la (nano)Divulgación Científica y Tecnológica**
 - 2.1. Medios impresos: revistas, diarios, libros y cómics*
 - 2.2. Radio, podcast, vídeos (YouTube) y televisión*
 - 2.3. Redes sociales (RRSS)*
 - 2.4. Talleres y cursos*
 - 2.5. Otras estrategias de divulgación*
- 3. Algunas iniciativas de divulgación de las nanotecnologías**
 - 3.1. América Latina: desafíos y oportunidades*
 - 3.2. España: desafíos y oportunidades*
 - 3.3. Principales actividades de divulgación en Iberoamérica*
- 4. Perspectivas futuras sobre la divulgación de las N&N**
- 5. Referencias**

CAPÍTULO 12

LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN

MIGUEL A. MÉNDEZ-ROJAS, YOLANDA FERNÁNDEZ, ANDRÉS POLERI

JOSÉ R. VEGA-BAUDRIT Y JORDI DÍAZ MARCOS

- 1. Introducción**
- 2. ¿Es necesaria una Educación en Nanociencia y Nanotecnología?**
- 3. ¿Cómo introducir la nanotecnología en las aulas?**
- 4. Programas educativos en N&N en el mundo**
- 5. Iniciativas de divulgación educativa de las nanotecnologías en España**
- 6. Programas educativos en N&N en América Latina**
- 7. Retos y oportunidades**
- 8. Otras iniciativas Iberoamericanas de educación en nanotecnologías**
- 9. Conclusiones y perspectivas futuras**
- 10. Referencias**

EPÍLOGO

01 FEB 2022

Libro Blanco de las Nanotecnologías [Una visión ético-social ante los avances de la Nanociencia y la Nanotecnología], 1ª ed., septiembre 2021

CAPÍTULO 10 DIVULGACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

Capítulo 10

Divulgación para la construcción social de las nanotecnologías

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

(Universidad Autónoma de Zacatecas)

Resumen

Las nanotecnologías se establecieron como la gran ola de innovaciones que ya influye en la forma en que vivimos y trabajamos en el siglo XXI, lo cual tiene fuertes implicaciones para la sociedad moderna. Para que la sociedad pueda aceptar, aprovechar y transformar estos avances científico-tecnológicos es necesario hacerlos parte de la discusión pública, a través de estrategias efectivas de divulgación que los acerquen a todo tipo de sectores sociales. El presente trabajo ofrece un panorama de los retos y las rutas para procurar la construcción social de esta gran revolución tecnológica.

I. INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología (CyT) son elementos esenciales para el mundo moderno, en gran medida lo definen y lo transforman, por lo que no se les puede considerar aislados de factores sociales, culturales y económicos. Lewenstein (2005, p. 6), señala que la CyT solo existen en un contexto social y no podemos entender su avance sin entender las condiciones sociales que las producen y los avances científico-tecnológicos, simultáneas, que moldean a la sociedad. Entonces “no está, por un lado, lo técnico y, por otro, lo social, como dos mundos o dos procesos heterogéneos. La sociedad y el cambio técnico se modelan recíprocamente”. (SALOMON, 1988, p. 34).

A la luz de la naturaleza social de la CyT, la comunicación es fundamental para su avance: los especialistas deben relacionarse con docentes, directivos, editores, políticos, empresarios y muchos otros tipos de sectores no especializados. Pero estos nexos no se establecen de forma genérica, cada uno implica condiciones específicas para una comunicación exitosa.

Schirato y Yell (2000, p. 1) definen a la comunicación como “la práctica de producir y negociar significados, una práctica que siempre se lleva a cabo bajo condiciones sociales, culturales y políticas específicas”. Resalta aquí la importancia del contexto y la negociación social de significado para discutir temas científicos. La forma de compartir los nuevos avances de la CyT con los diferentes sectores sociales es clave para definir su postura y, con ella, las estrategias que emprenden al respecto.

Claro que la socialización de los avances de la CyT no ocurre de forma directa: el lenguaje técnico resulta extraño para los legos. El uso de este tipo de códigos facilita la difusión –definida por Estrada (2002) como comunicación entre especialistas–, ya que los interlocutores tienen una competencia de saber equivalente (BERRUECOS, 1998, p. 26). Pero las ventajas técnicas de la difusión no son gratuitas: lo que se gana en comprensión entre colegas se pierde con el resto de la sociedad.

!. DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Es fundamental ofrecer a los ciudadanos las condiciones para entender qué sucede a su alrededor, contar con elementos para asumir una postura al respecto e incluso asumir un rol activo en la toma de decisiones que afectan sus vidas: la sociedad tendría la necesidad, democratizante y libertadora, de procesos de comunicación que le permitan autodeterminarse respecto a la CyT (GUEVARA, 2015, p. 124).

En un sentido estrictamente etimológico, divulgar implica poner algo al alcance del vulgo; llevarlo al común de las personas. Para el caso particular de la CyT Alcívar (2004, p. 45) señala que la divulgación selecciona, redirige, adapta y recrea un conocimiento producido en el ámbito especializado de ciertas comunidades científicas y tecnológicas para que -una vez transformado- cumpla una función social en un contexto distinto y con propósitos diferentes para una determinada comunidad.

Divulgar implica transformar elementos científico-tecnológicos, sin sacrificar su esencia, para que puedan ser conocidos, apropiados y aprovechados por diferentes sectores sociales. Y esta visión no se limita a comunicar los conocimientos de la CyT, además se incluyen las condiciones sociales en que fueron construidos, la historia detrás de ellos, la metodología que ayudó a obtenerlos, los debates que los enriquecieron y las teorías que desplazaron (por mencionar algunos aspectos). Para tomar en cuenta esta diversidad de elementos, contrario a lo que ocurre en la difusión, la divulgación se vale de relatos globalizadores que ayudan a ubicar los temas discutidos en base a elementos que les brindan contexto (BERRUECOS, 1998, p. 28).

Existen varias aproximaciones para realizar actividades de divulgación, con diferentes formas de concebir y construir los procesos de socialización de la CyT. En una primera forma de trabajar, que se ha caracterizado y criticado a través del modelo de déficit (DURANT, 1999, p. 314; GROSS, 1994, p. 5; LEWENSTEIN, 1995, p. 349), el experto define qué se va a discutir, cómo se va a plantear y el público es un receptor pasivo. Son procesos lineales y unidireccionales que en poco contemplan a las personas involucradas, con lo que es difícil lograr una verdadera pertinencia.

En contraparte al déficit, se propuso realizar la divulgación a través de una interacción basada en aspectos como precisión, simplificación, información de riesgos, el contexto de las personas y, sobre todo, el nivel de interés del público. Así surgió el modelo de diálogo (o contextual) con la idea de una interacción simétrica de la ciencia con sus públicos (GROSS, 1994, p. 5), en la cual las personas son participantes activos del proceso de comunicación (EINSIEDEL, 2008, p. 175), a quienes se debe escuchar, poniendo atención a sus valores, creencias y experiencias. “El diálogo no le quita autoridad a la ciencia, más bien sitúa las innovaciones científicas en un contexto social más amplio, donde se incluyen más conocimientos importantes (...) para analizar el alcance y las implicaciones de los nuevos descubrimientos científicos”. (NEGRETE, 2008, p. 38).

Finalmente, al reconocer que los debates sobre CyT emergentes no se reducen a temas técnicos, deben definirse en la intersección entre política, valores y conocimiento experto (NISBET y SCHEUFELE, 2009, p. 1776). Esto implica construir escenarios consensuados sobre las aplicaciones de la CyT que afectan la seguridad y bienestar de las personas (ALCÍBAR CUELLO, 2009, p. 173). El modelo democrático, planteado por John Durant y que sirve de base para lo que se conoce como compromiso público (*public engagement*), implica mecanismos para 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 (DURANT, 1999, p. 315).

I. AEIOU: LAS REACCIONES QUE BUSCA LA DIVULGACIÓN

Después de caracterizar la razón de ser de la divulgación, es importante ofrecer elementos sobre la forma de lograr sus objetivos. Burns, O'Connor y Stocklmayer (2003) caracterizan este proceso a través de la búsqueda de cinco respuestas personales a la CyT, en el modelo AEIOU: *Awareness* (Advertir); *Enjoyment* (Emocionar); *Interest* (Interesar); *Opinion* (Opinar); y *Understanding* (Ubicar). La traducción que aquí ofrecemos no es literal, busca capturar la esencia del modelo al tiempo que se mantienen las siglas que lo caracterizan en inglés.

1) Advertir. Es la base del proceso: hacer conscientes a las personas de la existencia de un aspecto específico de la CyT con posibles implicaciones para sus vidas, y de que tienen la opción de aprender más al respecto (BURNS et al., 2003, p. 196).

2) Emocionar. La comprensión de un tema rara vez ocurre sin estímulo para aprender; sin motivación nadie elegirá libremente involucrarse en aspectos más profundos de aprendizaje (2013, p. 92). Así, la diversión sirve como aliciente en dos niveles:

a) Superficial. Es una experiencia placentera con la ciencia a través de una forma de arte o entretenimiento: demostraciones, exposiciones u obras literarias. Puede uno fijarse la meta “más modesta” de deleitar con el pretexto de la ciencia (RÉGULES, 2000; p. 73).

b) Profundo, implica una mayor participación y satisfacción personal a través de descubrir, explorar y resolver asuntos relacionados con la CyT (BURNS et al., 2003, p. 197); con una participación mucho más rica y activa por parte del público.

La diferencia entre una experiencia que perdura y otra que se pierde se encuentra en que las primeras provocan niveles de emoción más altos de lo normal (Baddeley citado por NEGRETE, 2008, p. 94). En la medida que una experiencia divertida excita las emociones de alguien, se convertirá en una memoria significativa que quedará bien grabada en su cerebro.

3) Interesar. La diversión puede despertar un afán de las personas por participar en actividades de divulgación pero no garantiza la continuidad en la participación. Mantener ligadas a las personas a un tema requiere de interés. Para conseguirlo es preciso buscar afinidad entre el proceso de divulgación y el contexto del público al que se dirige.

4) Opinar. La actitud de una persona respecto a un asunto científico es sumamente compleja, personal y multifacética; el conocimiento no es el único factor, pues también influyen las creencias y reacciones emocionales (BURNS et al., 2003, p. 197). Según el modelo de avaro cognitivo (*cognitive miser*) los individuos son “holgazanes intelectuales” que acuden a atajos cognitivos –como prejuicios, valores o ideologías– para establecer su postura y darle sentido a un asunto (SCHEUFELE y LEWENSTEIN, 2005, p. 660; BUBELA et al., 2009, p. 515). Para desafiar las creencias de las personas, y llevarlas a revisar su opinión, las estrategias de divulgación usan enfoques que buscan una identidad emocional. Es importante no imponer opiniones al público sino ofrecer los elementos de reflexión, ayudando a asumir una postura propia.

5) Ubicar. Aunque es el último paso del proceso, en cuanto a un tema particular, también brinda un puente para mayores niveles de alfabetización científica y enfatiza las aplicaciones e implicaciones de la ciencia (BURNS et al., 2003, p. 198). En esta respuesta encontramos el objetivo último de la divulgación de la ciencia, la capacidad de las personas para ubicar los diferentes aspectos científicos en su realidad, lo cual implica una comprensión del contenido, los procesos y los factores sociales inherentes a la CyT.

I. IMPORTANCIA DE LA DIVULGACIÓN DE NANOTECNOLOGÍAS (NT)

Las NT son un sistema científico-tecnológico en el que se han realizado inversiones considerables a nivel internacional, con las expectativas que esto conlleva, y que corre el riesgo de enfrentarse a una reacción pública adversa semejante a la de los cultivos modificados genéticamente (MACNAGHTEN, 2010, pp. 23-24). Desde un inicio, con la búsqueda de una percepción pública favorable, es un tema que ha preocupado a los promotores de las NT.

“Se puede afirmar que la nanotecnología y la nanociencia son el primer ámbito científico-tecnológico en el que preocupan abiertamente las percepciones sociales que existen sobre él. Dicho ámbito nace y se desarrolla pendiente o preocupado por las percepciones y actitudes públicas”. (GÓMEZ, 2012, pp. 178-179).

Por eso las autoridades buscan, con la bandera de innovación responsable, caracterizar las preocupaciones sociales de manera proactiva para integrarlas desde etapas tempranas en los programas de investigación en NT (MACNAGHTEN, 2010, p. 24). Pero también se pueden interpretar estas acciones como esfuerzos para supervisar las reacciones públicas y diseñar una sociedad que vivirá con los productos nano, en un afán de allanar el camino para integrar estas nuevas tecnologías a la sociedad (BENSAUDE-VINCENT, 2012, p. 90), evitando estigmas sociales que se han tenido o tienen en otras áreas de la CyT (GÓMEZ, 2012, p. 178).

En función de la rica interacción entre ciencia, tecnología y sociedad, se debe reconocer que la ruta a seguir por las NT es definida socialmente y afectará a la sociedad en su conjunto. Por eso la divulgación del tema debe trascender lo técnico para incorporar aspectos sociales relevantes. Lewenstein (2005, p. 7) ofrece cuatro grandes ejes a tomar en cuenta, los cuales aquí buscamos apuntalar con preguntas guía para la discusión pública del tema:

i. Aspectos económicos y políticos. Implican el valor económico de los nuevos materiales e industrias creados a través de las NT, así como las posibles rupturas económicas por cambios en las inversiones y la caída de industrias relacionadas con tecnologías desplazadas. ¿Qué industrias están sacando provecho de las NT a nivel nacional e internacional? ¿Sus productos ofrecen beneficios reales a la sociedad?

ii. Aspectos en prioridad de inversión pública. El financiamiento público para la investigación en NT implica la posibilidad de resolver problemas importantes para la sociedad. ¿Quién define las líneas prioritarias para la inversión de NT en un país? ¿responden a necesidades sociales? ¿a quién se consulta para establecerlas?

iii. Aspectos de desigualdad (la brecha nano). Desde hace mucho se habla de cómo la CyT ayudarán a mejorar la vida de toda la humanidad (World Bank, 1998; PNUD, 2001, p. 30), pero los avances siguen acentuando las brechas de desigualdad: se beneficia a los países centrales y al gran capital; mientras que la periferia y la población más pobre se rezagan, además de que con frecuencia deben lidiar con los efectos nocivos de las nuevas tecnologías. ¿Las NT siguen una ruta que permita contrarrestar las brechas de desigualdad o las marcarán aún más?

iv. Aspectos del manejo de riesgos. Ante múltiples señales de alerta acerca de los riesgos de las NT, resulta esencial avanzar en la definición de regulaciones que permitan un avance seguro de estas tecnologías. ¿Qué regulaciones existen para proteger a trabajadores y consumidores de los riesgos de las NT? ¿Tenemos condiciones para un uso y desecho seguro de sus productos?

Cada uno de estos temas invita a una rica discusión social que podría servir como referente para el avance de las NT. En Estados Unidos y la Unión Europea se han hecho esfuerzos para promover una participación social en paneles ciudadanos, consejos asesores y estudios de percepción (CHITTENDEN, 2011; LAURENT, 2012, FERRI, 2013). Pero esto ha tenido un alcance limitado, en sectores muy específicos, mientras el grueso de la población carece de una perspectiva clara de los nuevos avances. En contraste a esta construcción vertical, encontramos algunas organizaciones –sobre todo grupos ambientalistas y sindicatos– que intentan incidir en la ruta de las NT, con atención especial al tema de regulación de riesgos (FOLADORI y GARCÍA, 2017).

i. RETOS PARA LA DIVULGACIÓN DE NT

La divulgación de las NT no puede abordarse de la misma forma que se comunica cualquier otro tema científico, “porque implica la comunicación de una gran cantidad de conceptos no manejados por el público, pero necesarios para su comprensión” (SÁNCHEZ-MORA y TAGÜEÑA, 2011, p. 89). Así, se deben tener en cuenta cinco grandes retos para la comunicación pública del tema:

i) Invisibilidad. A diferencia de otros grandes sistemas tecnológicos que en su momento fueron fácilmente identificables –como la electricidad o el vapor– las NT son invisibles: tan pequeñas que resultan indistinguibles incluso con microscopios ópticos. El desafío es ayudar a que las personas imaginen algo tan pequeño que requiere avanzadas técnicas de microscopía para ser visualizado (PRIEST, 2012, p. 22).

ii) Tamaño y escala. Para la mayoría de las personas un nanómetro es algo muy abstracto, es difícil que se hagan una idea clara de la escala en la que trabajan las NT. Facilitar una comprensión del tamaño nano requiere de enfoques creativos.

iii) Multidisciplina. El aprendizaje escolar nos tiene acostumbrados a conocer los temas científicos desde la perspectiva de una disciplina específica, pero las NT implican una perspectiva integral con conceptos, metodologías y campos semánticos de diversas disciplinas (SERENA, 2013, p. 66). Hay que lograr comunicar esta perspectiva integral.

iv) Principios cuánticos. Las reglas de la naturaleza a escala nano son contraintuitivas aun cuando permiten que nuestro Universo exista tal como lo conocemos. Estos principios surgen, en gran medida, de la física cuántica. Hacen falta modelos para ayudar a los participantes a visualizar las condiciones en esa escala.

v) Mitos. Desde que se introdujo a la discusión pública, el concepto de NT se ha asociado a escenarios tanto utópicos como apocalípticos: del ensamblaje molecular que puede construir cualquier cosa hasta los nanobots autoreplicantes capaces de acabar con la civilización. Para una buena divulgación del tema es esencial presentar una perspectiva realista que no se cargue a ningún extremo.

Vemos que divulgar las NT no es una tarea trivial, pero el panorama no es completamente pesimista: podemos apoyarnos en varias ventajas. Serena (2013, p. 66) señala que podemos despertar interés con la abundante presencia de productos nano en el mercado y la curiosidad asociada a temas de ciencia ficción. Además, se pueden aprovechar elementos históricos, biográficos y hasta anecdóticos inherentes a las NT para crear vínculos emotivos y cognitivos con el público. Para mayor claridad y facilidad de trabajo, Batt (2011, p. 238) propone realizar la divulgación de NT de la forma más general y básica posible, a partir de cuatro conceptos indispensables:

i. Todas las cosas están hechas de átomos.

ii. Las moléculas tienen forma y tamaño.

iii. A la escala de nanómetros los átomos están en constante movimiento.

iv. Las moléculas, en su ambiente a escala nano, tienen propiedades inesperadas.

Estos cuatro pilares técnicos facilitan una comprensión de los fenómenos que dan base a las NT y permiten desarrollar discusiones más ricas y profundas: desde las características novedosas de los productos nano en el mercado, los posibles beneficios de los avances, los riesgos asociados a ellos, las necesidades sociales a las que deben responder las NT y otros aspectos sociales asociados al tema.

6. ESTUDIOS RELEVANTES

Hasta ahora el trabajo académico sobre la divulgación de las NT se ha centrado en dos puntos fundamentales: por un lado, los estudios del grado de conocimiento y la percepción pública del tema; y del otro los análisis de contenido y enfoque en los medios de comunicación masiva (especialmente en revistas y periódicos).

Los resultados del primer tipo de investigaciones muestran que la mayoría de las personas no están familiarizadas con el concepto de NT y prácticamente no tienen conocimientos de lo que son y lo que podrían llegar a ser (MACNAGHTEN, 2010, p. 24). A pesar de esta ignorancia no parece haber un miedo a lo desconocido: un meta-análisis de 22 encuestas que se realizaron 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, aunque un 44% de las personas aún no establecían una postura al respecto (ROCO et al., 2011, p. 3563).

El optimismo moderado por parte del público, que tiende a subestimar los riesgos, resulta extraño al considerar la creciente evidencia asociada a los posibles efectos nocivos de las nanotecnologías (FOLADORI, 2010; 2012). Priest (2012, p. 30) señala que normalmente ignoramos o minimizamos los riesgos de las tecnologías que nos ofrecen beneficios claros -como los teléfonos celulares y los automóviles- pero los beneficios más importantes de las NT aún están por llegar y aun así la perspectiva sigue siendo favorable. La indiferencia ante los riesgos representa un reto mayor para los esfuerzos divulgación: para llamar la atención sobre el tema, pero sin caer en una postura alarmista (Ibíd, p. 67). Al respecto las organizaciones sociales han sido de gran trascendencia, al demandar una divulgación específica sobre riesgos y trabajar para llevarla a sectores sociales más amplios, con la meta de incidir en políticas públicas.

La participación social -con el eje del tema de riesgos- se encuentra sobre la mesa y avanza en la discusión pública sobre NT. Pero el hecho de que se discuta el tema no garantiza un avance social, depende de la información que está llegando a los diferentes sectores y la atención que se presta a su aporte. Los enfoques con que se abordan los riesgos dependen de los intereses de las organizaciones que constituyen las cuatro fuentes principales de información (BERUBE et al., 2010, pp. 23-24).

Un estudio comparativo de las estrategias de divulgación de NT en España, Estados Unidos y México (GARCÍA, 2016; GARCÍA y FOLADORI, 2015; FOLADORI y GARCÍA, 2017), mostró una clara tendencia a destacar los elementos técnicos y dejar de lado los aspectos sociales. En gran medida esto obedece al perfil de formación de los líderes de los proyectos de divulgación, científicos e ingenieros, que no cuentan con los elementos socio-históricos para lograr un abordaje más rico del tema. Aún así, no se puede descartar que existan casos de esfuerzos conscientes por presentar un panorama optimista que logre seducir a la sociedad para apoyar el avance de las NT y consumir sus productos cuando lleguen al mercado. Sea cual sea el caso, el panorama que ofrece una estrategia de divulgación queda definido por su manejo narrativo.

7. EL PODER DE LAS NARRATIVAS PARA COMPLEMENTAR LA DISCUSIÓN TÉCNICA

Las narrativas son útiles para la divulgación científica a través de varios factores: facilitan la memorización a través de un marco que vincula diferentes elementos de información (NEGRETE, 2008, p. 47), son un medio preciso para representar y comunicar conocimientos, sirven como un efectivo detonador emocional (NEGRETE y LARTIGUE, 2004, p. 123-124), y además permiten incorporar la dimensión humana y social de la CyT. Apoyándose en recursos retóricos, la divulgación combina aspectos técnicos con recursos narrativos para crear un enfoque capaz de *seducir* a su público, hacerlo partícipe de su visión de la CyT e incorporarlo a una forma específica de construir significado del tema abordado.

El uso de narrativas resulta de especial trascendencia para las NT precisamente por su capacidad para incluir los aspectos sociales en la divulgación. Hasta ahora son escasas las referencias directas para construir relatos para el abordaje social de las nanotecnologías. A partir del trabajo de García (2016) ofrecemos una propuesta de principios básicos para divulgar las NT:

i) Los científicos y tecnólogos también son personas. Muchas veces se idealiza la imagen del investigador como un individuo concentrado en su trabajo técnico y ajeno a las condiciones sociales a su alrededor. Abordar aspectos personales y sociales en la divulgación de NT ayuda a crear una identidad con los científicos que trabajan en este tema y, en un punto más relevante, entender los anhelos, incentivos y problemas que orientan su labor.

ii) Los aspectos sociales de las nanotecnologías son tan relevantes como los técnicos. Los dispositivos tecnológicos que abundan a nuestro alrededor no aparecieron de la nada ni estaban predestinados a existir en la forma exacta que los conocemos: son resultado de la visión de sus creadores y de la pugna socio-económica de la

que surgen las innovaciones exitosas.

iii) Toda tecnología implica ventajas y riesgos. Las características novedosas de una nueva tecnología no se limitan a las interacciones útiles, o positivas, con frecuencia tienen efectos no deseados que pueden ser dañinos para diferentes sectores sociales. Los riesgos van desde lo técnico a lo social (problemas éticos en su desarrollo o su uso, generación de desempleo al desplazar tecnologías previas), pero no podemos caer en la falsa solución de ponerlos en una balanza. Generalmente los sectores que reciben los beneficios y los que asumen los peligros son diferentes. La clave radica en encontrar las condiciones para que una sociedad decida si adopta o no una tecnología, así como para definir la mejor ruta para su uso seguro.

iv) Los relatos sobre los aspectos sociales le dan sentido al tema ante el público. Las personas difícilmente se identifican con temas desconocidos para ellas: para apropiarse de los diferentes elementos científicos necesitan darle significado a través de ideas, experiencias y conocimientos previos. Se obtienen resultados más importantes a través de narraciones que motiven al público.

I. CONCLUSIONES

La discusión de los aspectos sociales de las NT aún se encuentra en pañales; pocos divulgadores abordan esta faceta fundamental. Esto resulta de una combinación de falta de formación adecuada para un análisis socio-histórico del tema (y la narrativa que esto demanda), la influencia de intereses de las organizaciones que promueven, apoyan y financian las estrategias, así como la falta de interacción con organizaciones sociales interesadas en llevar la discusión pública a niveles más profundos.

En términos generales no se muestra que la sociedad tenga un rol relevante en la definición del camino de las NT, porque simplemente no se discute la opción de decidir. Pareciera que el camino de los avances científico-tecnológicos debe definirse solo por expertos, sin tomar en cuenta las necesidades y preocupaciones de la sociedad que apoya su trabajo. Entonces, se busca que los diferentes actores y organizaciones entiendan a las NT, se enteren de sus avances, estén dispuestos a usarlas y apoyarlas, pero no llega a mostrarles la posibilidad de participar en la definición de su rumbo futuro. Los productos de divulgación se convierten en herramientas de propaganda que refuerza el estatus quo de la CyT.

Sin embargo, no todo ha sido una ruptura entre lo técnico y lo social; como veremos en el próximo capítulo, existen experiencias en que la interacción 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 interacción entre NT y sociedad. En diferentes países existen estrategias, un tanto aisladas, que buscan construir nuevas relaciones con diferentes sectores sociales para abrir un camino para que empiecen a hacerse escuchar en la construcción de los sistemas científicotecnológicos emergentes.

I. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto CONACYT Ciencia de Frontera No. 304320.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ALCÍBAR CUELLO, Miguel, “Comunicación Pública de La Tecnociencia: Más Allá de La Difusión Del Conocimiento”, *Zer: Revista de Estudios de Comunicación = Komunikazio Ikasketen Aldizkaria*, 27, 2009, 165-88.
- ALCÍBAR CUELLO, Miguel, “Comunicación Pública de La Tecnociencia: Más Allá de La Difusión Del Conocimiento”, *Zer: Revista de Estudios de Comunicación = Komunikazio Ikasketen Aldizkaria*, 27, 2009, 165-88.
- “La Divulgación Mediática de La Ciencia y La Tecnología Como Recontextualización Discursiva”, *Anàlisi: Quaderns de Comunicació i Cultura*, 31, 2004, 43-70.
- BATT, Carl, “Too Small to Think (About)”, *Materials Today*, 14.6 (2011), 238 “[https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(11\)70126-2](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(11)70126-2)”.
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette, “Nanotechnology: A New Regime for the Public in Science?”, *Scientiae Studia*, 10.SPE (2012), 85-94 “<https://doi.org/10.1590/S1678-31662012000500005>”.

- BERRUECOS, M.^a de Lourdes, "Análisis Del Discurso y Divulgación Ciencia", *Argumentos*, 29, 1998, 21-35.
- BERUBE, David, Brenton FABER, Dietram SCHEUFELE, Christopher CUMMINGS, Grant GARDNER, Kelly MARTIN, and others, "Communicating Risk in the 21st Century: The Case of Nanotechnology" (National Nanotechnology Coordination Office, 2010) "<http://www.steptoe.com/assets/htmldocuments/Communicating%20Nano%20Risk%2020100218.pdf>" (accessed 10 December 2013).
- BRUNER, Jerome, "The Narrative Construction of Reality", *Critical Inquiry*, 18.1 (1991), 1-21.
- BRUNER, Jerome S., *Actual Minds, Possible Worlds* (Harvard University Press, 2009).
- BUBELA, Tania, Matthew C. NISBET, Rick BORCHELT, Fern BRUNGER, Cristine CRITCHLEY, Edna EINSIEDEL, and others, "Science Communication Reconsidered", *Nature Biotechnology*, 27.6 (2009), 514-18 "<https://doi.org/10.1038/nbt0609-514>".
- BURNS, T. W., D. J. O'CONNOR, and S. M. STOCKLMAYER, "Science Communication: A Contemporary Definition", *Public Understanding of Science*, 12.2 (2003), 183-202 "<https://doi.org/10.1177/09636625030122004>".
- CHITTENDEN, David, "Roles, Opportunities, and Challenges-Science Museums Engaging the Public in Emerging Science and Technology", *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 2011, 1549-56.
- DURANT, John, "Participatory Technology Assessment and the Democratic Model of the Public Understanding of Science", *Science and Public Policy*, 26.5 (1999), 313-19 "<https://doi.org/10.3152/147154399781782329>".
- EINSIEDEL, Edna, "Public Participation and Dialogue", in *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, Routledge International Handbooks (London; New York: Routledge, 2008), pp. 172-84.
- ESTRADA, Luis, "La divulgación de la ciencia", *Ciencias*, 27 (2002), 69-76.
- FOLADORI, Guillermo, "Las Nanotecnologías En Contexto", *Sociología y Tecnociencia: Revista Digital de Sociología Del Sistema Tecnocientífico*, 2.0 (2010), 35-55.
- "Riesgos a la salud y al medio ambiente en las políticas de nanotecnología en América Latina", *Sociológica*, 27.77 (2012), 143-80.
- FOLADORI, Guillermo, and Miguel GARCÍA, "El papel de la experiencia histórica y la confianza en la comunicación de tecnologías emergentes: el caso de las nanotecnologías", *Historia y comunicación social*, 22.1 (2017), 221-30.
- GARCÍA, Miguel, "Divulgación de nanotecnologías en España, Estados Unidos y México: cómo se involucra a la sociedad en la nueva ola científico-tecnológica" (unpublished Doctorado, Universidad Autónoma de Zacatecas, 2016) "<https://www.repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:ricaxcan.uaz.edu.mx:20.500.11845/39>".
- GARCÍA, Miguel, and Guillermo FOLADORI, "Divulgación de Ciencia y Tecnología: los límites del enfoque técnico en las nanotecnologías", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias - 2015*, 12 (3) - pp. 508-519, 2015 "<http://rodin.uca.es:80/xmlui/handle/10498/17605>" (accessed 4 March 2016).
- GÓMEZ, Javier, "La comprensión pública de la nanotecnología en España", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 7.20 (2012), 177-207.
- GROSS, Alan G., "The Roles of Rhetoric in the Public Understanding of Science", *Public Understanding of Science*, 3.1 (1994), 3-23 "<https://doi.org/10.1088/0963-6625/3/1/001>".
- GUEVARA, Aline, "Visualizar Lo Invisible" (unpublished Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, 2015).
- HILGARTNER, Stephen, "The Dominant View of Popularization: Conceptual Problems, Political Uses", *Social Studies of Science*, 20.3 (1990), 519-39 "<https://doi.org/10.1177/030631290020003006>".
- HO, Shirley, "Value Predispositions, Communication, and Attitudes toward Nanotechnology: The Interplay of Public and Experts" (unpublished Doctorado, University of Wisconsin-Madison, 2008) "<http://archive.cspo.org/php/getfile.php?file=67§ion=lib>" (accessed 11 August 2013).
- LAURENT, Brice, "Science museums as political places. Representing nanotechnology in European science

- museums”, *JCOM: Journal of Science Communication*, 11.04 (2012), p. 6.
- LEWENSTEIN, Bruce V., “Recreation in the Public Communication Of Science and Technology”, in *La Recreación Para La Re-Creación Del Conocimiento* (presented at the XIII Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Técnica en América Latina y el Caribe, Zacatecas: SOMEDICYT, 2013), pp. 89-101.
- “Science and the Media”, in *Handbook of Science and Technology Studies Ed. by Sheila Jasanoff et al. (London: Sage)*, 1995, pp. 343-60.
- “What Counts as a ‘Social and Ethical Issue’ in Nanotechnology?”, *Hyle*, 11.1 (2005), 5-18.
- MACNAGHTEN, Phil, “Researching Technoscientific Concerns in the Making: Narrative Structures, Public Responses, and Emerging Nanotechnologies”, *Environment and Planning A*, 42.1 (2010), 23-37 “<https://doi.org/10.1068/a41349>”.
- NEGRETE, Aquiles, *La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas* (México: Universal Nacional Autónoma, 2008).
- NEGRETE, Aquiles, and Cecilia LARTIGUE, “Learning from Education to Communicate Science as a Good Story”, *Endeavour*, 28.3 (2004), 120-24 “<https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2004.07.003>”.
- NISBET, M. C., and D. A. SCHEUFELE, “What’s next for Science Communication? Promising Directions and Lingering Distractions”, *American Journal of Botany*, 96.10 (2009), 1767-78 “<https://doi.org/10.3732/ajb.0900041>”.
- OLIVÉ, León, *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento* (Fondo de Cultura Económica, 2007).
- PNUD, *Informe sobre desarrollo humano 2001*, Primera (México: Ediciones Mundi-Prensa, 2001) “http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2001_ES.pdf” (accessed 5 September 2012).
- PRIEST, Susanna, *Nanotechnology and the Public: Risk Perception and Risk Communication* (Boca Raton, FL: CRC Press, 2012).
- DE RÉGULES, Sergio, “Objetivo: La Alberca”, in *Antología de La Divulgación de La Ciencia En México*, Primera (México: DGDC, UNAM, 2002), pp. 273-79.
- ROCO, Mihail, “The Long View of Nanotechnology Development: The National Nanotechnology Initiative at 10 Years”, *Journal of Nanoparticle Research*, 13.2 (2011), 427-45 “<https://doi.org/10.1007/s11051-010-0192-z>”.
- SALOMON, Jean Jacques, *L'écrivain Public et l'ordinateur: Mirages Du Développement*, La Force Des Idées (Paris: Hachette, 1988).
- SÁNCHEZ-MORA, Carmen, and Julia TAGÜEÑA, “Divulgación y Formación En Nanotecnología En México”, *Mundo Nano*, 4.2 (2011), 83-100.
- SCHEUFELE, DIETRAM A., and Bruce V., “The Public and Nanotechnology: How Citizens Make Sense of Emerging Technologies”, *Journal of Nanoparticle Research*, 7.6 (2005), 659-67 “<https://doi.org/10.1007/s11051-005-7526-2>”.
- SCHIRATO, Tony, and Susan YELL, *Communication and Culture: An Introduction* (London; Thousand Oaks, Calif: Sage Publications, 2000).
- SERENA, Pedro, “Una experiencia en nanoeducación: el taller ‘Explorando el Nanomundo’”, *MOMENTO, Revista de Física*, 46E, 2013, 63-73.
- WORLD BANK, *World Development Report 1998: Knowledge for Development*, 21st edition (Oxford University Press, USA, 1998).
- WYNNE, Brian, “Public Understanding of Science”, in *Handbook of Science and Technology Studies Ed. by Sheila Jasanoff et al. (London: Sage)*, 1995, pp. 361-88.