

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



**PROGRAMA DE DOCTORADO TRANSDISCIPLINARIO EN  
DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA LA SOCIEDAD**

---

**Título de Tesis: Las Nanotecnologías en México, un caso de gobernanza  
de la Ciencia y la Tecnología en países en desarrollo. Evaluación de  
potenciales riesgos de un hidrofugante nanoestructurado.**

---

Documento preparado para la presentación de examen Pre-doctoral del 30 de  
Noviembre de 2011

**Comité Tutorial**

**Directores**

Dra. Michelle E. Chauvet Sánchez-Pruneda – Investigadora del Departamento de Sociología UAM-AZC

Dr. Luis A. Maldonado López - Investigador del Departamento de Física Aplicada del CINVESTAV-Mérida

**Asesores**

Dra. Rosa Luz González Departamento de Sociología UAM-AZC

Dr. Miguel Ángel Vidal Borbolla – Investigador Instituto de Investigaciones en Comunicación en Óptica de la UASLP

Dr. José Antonio Azamar - Investigador del Departamento de Física Aplicada del CINVESTAV-Mérida

## **Contenido**

1. Antecedentes y situación actual del problema .....	3
1.1 Principales puntos de controversia a la fecha y argumentación científica de cada parte. ....	12
1.2 Aspecto(s) en donde incide el proyecto que se propone .....	13
2. Plan de trabajo .....	14
2.1 Preguntas de investigación .....	14
2.2 Objetivo principal y metas parciales para alcanzarlo.....	15
Objetivo general: .....	15
Objetivos particulares: .....	15
En el caso de estudio .....	15
2.3 hipótesis de trabajo y justificación .....	15
Hipótesis del caso de estudio.....	16
2.4 Metodología prevista y logística para desarrollarla (dónde, cómo, cuándo, con quién, etc.).....	16
Metodología del caso de estudio .....	18
2.5 Preparación adicional (cursos de proyecto) .....	20
2.6 Calendario de trabajo.....	21
2.6 Riesgos de viabilidad.....	23
3. Resultados Preliminares .....	23
Referencias .....	24

## **1. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA**

La investigación y desarrollo en nanociencias y nanotecnología ha ingresado a la escena pública de forma acelerada en los últimos diez años. Este nuevo campo tecnológico ha sido incorporado como área prioritaria en la agenda de las políticas de ciencia y tecnología y también en la agenda económica e industrial de países de todos los continentes. América Latina entre ellos México, no es la excepción. Actualmente, las aplicaciones de las nanotecnologías se insertan en sectores industriales tradicionales como en los altamente innovadores, entre ellos: el sector de la construcción, la industria textil y la minería así como, la industria de la energía sustentable, la salud, la biotecnología, la electrónica y las telecomunicaciones.

El inicio del debate académico sobre el desarrollo nanotecnológico tuvo como origen los discursos radicales de líderes científicos tanto en el extremo positivo como en el negativo. En el extremo positivo se encuentran las visiones de aquellos quienes argumentaron que la nanotecnología es la revolución tecnológica del presente siglo capaz de resolver todo tipo de problemas sociales y económicos (Feynman, R. 1959; Drexler, 1986; Smalley, R. 1995; Dunckley, 2004; Kurzweil, 2006). En el otro extremo, se encuentran los que señalaron los efectos negativos de las aplicaciones de la tecnología atómica como una amenaza a la propia existencia humana (el propio Drexler (1986); Joy, B. 2000; McKibben, 2003; ETC Group, 2004, 2005, 2011).

El debate radicalizado fue llevado a otra perspectiva mucho más realista a partir de la publicación del informe la Royal Society and Royal Academy of Engineering en el año 2004, el cual conjunta opiniones de los científicos que trabajan en el área, como de otros actores interesados, entre ellos los empresarios, los científicos sociales y humanistas y las organizaciones de la sociedad civil. Se puede afirmar que a partir de ese informe y de otros más publicados en Estados Unidos, se estableció gran parte de la agenda académica y también política de la nanotecnología, la cual se centra en los siguientes temas:

- 1) Salud humana y medioambiente (toxicidad de las nanopartículas)
- 2) Propiedad intelectual y transparencia
- 3) Privacidad, seguridad, vigilancia y mejoramiento humano
- 4) Acceso equitativo, e impactos en la economía y en las industrias
- 5) Participación pública en el desarrollo tecnológico

Como se puede ver, en el marco de la agenda definida, la investigación y las aplicaciones de la nanotecnología adquieren relevancia social por las implicaciones (positivas y negativas) que cada uno de los temas conlleva. En otros términos, lo que se pone a discusión es la forma de gobernar este nuevo campo tecnocientífico, desde las políticas para impulsar la investigación y la innovación, hasta las cuestiones de regulación y riesgos. Esta agenda también resulta útil para estructurar la discusión académica y política de la nanotecnología, aunque no suficiente para abarcar las realidades de otras latitudes, tal como permiten observar Invenizzi y Vinck (2009) acerca de la investigación social actual en nanotecnología “las aportaciones que se hacen desde América Latina

tienen especificidades que se explican no solamente por las condiciones recurrentes de los países de América Latina –como la pobreza, el analfabetismo, o la falta de inversión en infraestructura-, sino también por la forma particular en que estos países se inscriben en la división internacional del trabajo científico (Kreimer, 2006) y el desarrollo industrial, así como la escasez de instrumentos financieros capaces de influir en las tendencias mundiales” (Invernizzi y Vinck, 2009:45).

Lo anterior, es precisamente el caso de México, un país considerado de renta media en el que es oportuno analizar los rasgos característicos del avance de la nanotecnología y sus implicaciones en nuestro contexto, por las consecuencias que tiene para el desarrollo científico y tecnológico de la sociedad, objetivo de este trabajo de investigación.

De esta manera la nanotecnología es ahora objeto de estudio de las ciencias sociales y, en particular, de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCyT). Un factor importante de mencionar es que la nanotecnología representa todo un reto intelectual para los ESCyT, pues es un momento crucial para poner en práctica más de cuarenta años de investigaciones que llevarán a comprender y explicar el carácter “socio-técnico” del cambio tecnológico. En particular, me parece, que gran parte de las aportaciones que se están realizando dentro de los estudios sociales sobre nanotecnología tienen objetivos prácticos, buscan intervenir en las políticas, ya sea en el campo de lo económico, lo político o legal y hasta lo cultural. Por otra parte, también es cierto que el auge de estos estudios ha sido promovido con financiamiento de gobiernos y empresas que buscan evitar la desconfianza y la percepción negativa de los productos de la nanotecnología. En este contexto, considero que ya sea en su parte instrumental, o de forma más profunda y crítica es pertinente conocer esta nueva tecnología y reflexionar sobre qué esfuerzos se pueden hacer para obtener mayores beneficios de éste y otros desarrollos tecnológicos.

En América Latina, se identifican tres grandes frentes de investigación dentro de los ESCyT involucrados en el desarrollo de las nanotecnologías. Por un lado, un grupo de estudios se interesan por la organización y dinámica científica y tecnológica llamémosle endógena porque se inserta en lo que sucede dentro de los laboratorios o dentro de la comunidad científica. Ahí se encuentran análisis sobre “los procesos de producción de conocimiento y de artefactos, cambios en las prácticas científicas, las identidades profesionales y su rol social; los procesos de innovación, de cambio organizacional, institucional y profesional” (Invernizzi y Vinck, 2009:43)

Por otro lado, se estudian los procesos de innovación tecnológica en donde el foco es conocer cuáles son los mecanismos, los procesos de intermediación y todo tipo de interacción que den cuenta de cómo se puede favorecer la transferencia de conocimiento y la generación de innovaciones. Por lo general este grupo de estudios analizan las redes de investigación formalmente establecidas con casos de éxito de innovación o bien, los “espacios de red” en el que se identifican actores como (empresas, universidades, centros de investigación, inversionistas y gobierno).

Ambos frentes de investigación buscan modelos o buenas prácticas que faciliten e impulsen el cambio nanotecnológico.

En tercer lugar, se encuentra otro grupo de investigaciones interesadas en conocer los efectos de la nanotecnología al incorporarse en lo social y en el entorno ambiental. Esto es, en términos de la percepción de riesgos y beneficios e impactos en los valores éticos. Las temáticas de estos trabajos son muy amplias, entre ellas se encuentran “los procesos de construcción y aceptación, del rechazo o desvío de los nuevos productos y sistemas [nanotecnológicos], así como los procesos de participación y democratización en torno a la ciencia y la tecnología y la incidencia de tales procesos en la agenda política y la dinámica industrial” (Invernizzi y Vinck, 2009:44)

En buena parte se puede afirmar que en América Latina incluido México, gran parte de las aportaciones pretenden contribuir, o al menos señalar, la necesidad de que las temáticas de la nanotecnología se definan en términos de los problemas sociales. Como afirma Kreimer (2010) “formular los problemas sociales en términos de problemas de conocimiento”. Empresa que no es fácil de lograr dadas las dinámicas actuales de la generación de conocimiento tan orientadas al objetivo empresarial de otras realidades sociales.

Estos frentes de investigación no son todo el universo de investigaciones en el campo de la nanotecnología, y tampoco son aislados, muchos de ellos se articulan en aspectos teóricos y metodológicos. Por ejemplo, existe actualmente la noción de “innovación responsable” que busca integrar a esas actividades los aspectos sociales, de aceptación y de necesidades sociales.

En particular, en esta investigación me interesa discutir cómo se conduce la gobernanza de las nanotecnologías en México, en términos de las controversias científicas sobre los nuevos riesgos al medioambiente de los nanomateriales manufacturados. Cómo actúan ante la incertidumbre, los actores del sistema científico y tecnológico y las instituciones encargadas de vigilar los riesgos al medioambiente. Cuáles mecanismos, instrumentos y políticas se han puesto en marcha para evaluar los potenciales riesgos de las nanotecnologías. Me interesa contribuir a este tema tomando como caso de estudio la evaluación de los potenciales riesgos al medioambiente de la degradación de un producto nanoestructurado el cual se encuentra disponible en el mercado.

A continuación se identifican los frentes de investigación que acompañan, por el momento, esta investigación.

#### **a) Gobernanza de la Ciencia y la Tecnología**

Uno de los marcos analíticos en los que se apoya este trabajo es el de la gobernanza de la ciencia y la tecnología. La noción de gobernanza en su forma general, es útil porque permite posicionar nuestro análisis dentro de un marco que reconoce “ciertas transformaciones sociales, actualmente en curso: disminución relativa de la capacidad de acción de los Estados y crisis de legitimidad de los mismos; intervención múltiple de agentes privados en esferas públicas; e importancia creciente de las relaciones de mercado (Graña, 2005 citado en Chauvet, 2009:96).” Los procesos de desarrollo científico-tecnológico no han estado ajenos a esas transformaciones.

En cuanto la CyT este trabajo asume a la gobernanza como aquellos “procesos, acuerdos (formales o informales), instituciones y mecanismos que determinan cómo se ejerce el poder para manejar los recursos y los intereses sociales; cómo se toman las decisiones importantes y cómo se resuelven los conflictos; cómo se organizan y estructuran las interacciones entre los actores clave y cómo se movilizan los recursos, capacidades y habilidades para alcanzar ciertos resultados” (Barker, Fatehi y Lesnick, 2009:259). En esta conceptualización se incluye tanto la gobernanza del riesgo (identificación y manejo de riesgos) como la promoción de las actividades de ciencia, tecnológica y de innovación (programas, instrumentos de apoyo gubernamental y recursos a la nanotecnología). Bajo esta amplia noción se pretende estudiar la forma en que se conducen los actores ante las incertidumbres científicas del potencial tóxico de los nanomateriales manufacturados en el contexto nacional. De alguna manera lo que estamos presenciando es la construcción de un régimen de seguridad de las nanotecnologías.

Los autores que se han tomado como referencia son: el grupo liderado por Hagendijk y Kallerud (2005) quienes escribieron sobre los seis tipos de gobernanza de la ciencia y la tecnología, en el marco del proyecto europeo Ciencia, Tecnología y Gobernanza en Europa (STAGE, por sus siglas en inglés): STAGE Final Report –*Science Technology and Governance in Europe: Challenges of Public Engagement*.

- También ha sido ampliamente consultado el trabajo de Sermeño, A. y E. Serret (coords.), *Tensiones políticas de la modernidad, Retos y perspectivas de la democracia contemporánea*, UAM/Miguel Ángel Porrúa, México;
- El capítulo de Todd F. Barker, et al. (2009) *Nanotechnology and the Poor: Opportunities and Risks for Developing Countries* del texto *Nanotechnology and Society* de Fritz Allhoff y Patrick Lin;
- González, R.L. (2004) *La biotecnología agrícola en México, efectos de la propiedad intelectual y la bioseguridad*, Editorial UAM-X, México.
- José Luis Luján y Javier Echeverría (2004) *Gobernar los riesgos. Ciencia y Valores en la sociedad del riesgo*, OIE, Madrid, España.

#### **b) Ciencia pos-normal y ciencia reguladora**

Ligado al concepto de gobernanza, para este trabajo de investigación se ha comenzado a revisar el enfoque teórico de Ciencia Pos-Normal de Silvio Funtowicz y Jerome Ravetz (1992) porque parece ser apropiado para analizar cómo se construye ese régimen de seguridad de las aplicaciones nanotecnológicas. La Ciencia Pos-Normal parte del reconocimiento de que no es posible controlar los efectos tecnológicos y se ocupa de estudiar esas situaciones en donde no se cuenta con la verdad científica sobre los hechos, los valores de los actores involucrados se mezclan y el estado debe tomar decisiones bajo esas condiciones de incertidumbre. En este sentido, la Ciencia Pos-normal, me parece un enfoque que pudiera dar cuenta de cómo se pueden tomar decisiones en el caso de las nanotecnologías, es decir, sobre los cuestionamientos acerca del potencial tóxico de las

nanopartículas, su capacidad de confrontar valores de la sociedad y de profundizar la inequidad social.

El marco teórico de Ciencia Pos-Normal junto con otros como el de “ciencia reguladora” (Jasanoff, 1995) e “investigación transdisciplinaria” (Wiesmann, 2008:435), dentro del grupo abordajes que se ocupan del análisis de impactos y riesgos tecnológicos.

El planteamiento de Funtowicz y Ravetz se resume en los siguientes puntos (Funtowicz & Ravetz, 2008:361-368):

- 1) Los problemas se caracterizan por situaciones de alta incertidumbre, existen valores en disputa entre los actores involucrados y el consenso científico es bajo.
- 2) El problema es altamente politizado y la toma de decisiones es urgente
- 3) Los expertos tradicionales y sus métodos de análisis no son apropiados para explicar la situación, o bien, el conocimiento disponible es insuficiente.
- 4) Se requiere generar conocimiento experto para evaluar los riesgos: ambientales, a la salud, éticos, pero este conocimiento no es suficiente, otros actores aportan conocimiento que puede aportar a la solución del problema.
- 5) Integra de forma fundamental el concepto de seguridad, la pregunta esencial sería ¿Qué pasa sí?
- 6) Los componentes metodológicos centrales son: a) extender la comunidad de pares a diferentes comunidades epistémicas, b) crear un nuevo sistema de orientación de la calidad de los productos y procesos tecnológicos.

**c) Estudios sobre los aspectos Éticos, Legales, Sociales y Ambientales (ELSA)**

La investigación que aquí se presenta se inscribe además, dentro del conjunto de investigaciones conocidos como ELSA (Éticos, Legales, Sociales y Ambientales), los cuales se institucionalizaron como campo de estudio durante las controversias generadas por el Proyecto del Genoma Humano a principios de la década de los noventa. Roger Strand (2001) explica brevemente las causas del creciente interés académico por los efectos sociales de las tecnologías: 1) una actitud crítica y de desconfianza hacia los productos de la tecnología por parte de la población de los países industrializados 2) la reorientación de la filosofía de la ciencia y de la tecnología y de otras ciencias sociales para desentrañar las relaciones ciencia, tecnología, cultura y sociedad y, posteriormente el interés por sus efectos y 3) el aumento en la conciencia e interés de las consecuencias éticas y sociales de los desarrollos tecnológicos dentro de la comunidad científica (Strand, 2001: 2-3). A lo anterior aumentaríamos como causa, el dinamismo que adquirió el cambio tecnológico con los avances en las tecnologías de la información y la comunicación a partir de los años ochenta.

Contrario a lo que se podría pensar, en el caso de la nanotecnología, existe una vasta literatura abocada a identificar problemas éticos y efectos sociales, ambientales o legales, presentes tanto en el desarrollo, como en el uso de las aplicaciones nanotecnológicas. Para mayor entendimiento del

tipo de situaciones que es importante reflexionar Roger Strand propone dos preguntas éticas centrales que este abordaje intenta discutir: 1) ¿Cuáles son los auténticos problemas en el mundo y cómo la tecnología en general y la nanotecnología en particular puede contribuir a resolverlos? y 2) ¿Puede el desarrollo de la nanotecnología constituir un gran peligro para los valores importantes del mundo (dignidad, libertad, integridad del individuo, respeto por la privacidad, justicia y equidad, transparencia y democracia)? (Strand, 2001:8).

Una crítica reciente a los estudios ELSA, en particular en el continente europeo, es la *eticización* de su discurso (Ferrari y Mali, 2011). Es decir, la tendencia a identificar más implicaciones y dilemas éticas de las aplicaciones nanotecnológicas, que económicas o toxicológicas. El argumento de quienes hacen estos señalamientos es que en la práctica esto significa la neutralización del discurso político “una forma de clausurar el discurso democrático institucionalizando el discurso ético” (op. cit.). Lo cual significaría un retroceso en los intentos por ampliar la base de actores que tomen decisiones sobre el desarrollo tecnológico.

#### *Líderes en la investigación de los aspectos ELSA en nanotecnología (en Estados Unidos y Europa)*

Como ya se mencionó la literatura es muy amplia, sin embargo, dos libros pueden ser representativos de los grupos de investigación hasta ahora conformados: El primero discute temas éticos de la nanotecnología y el segundo se aboca más al resto de los temas sociales.

1. Fritz Allhoff y Patrick Lin (2009) *Nanotechnology and Society Current and Emerging Ethical Issues*, Springer.
2. Erik Fisher Cynthia Selin, Jameson M. Wetmore (2008) *The Yearbook of Nanotechnology in Society, Volume I: Presenting Futures*, Springer.

#### *Grupos de investigación en América Latina*

También en América Latina se está consolidando el campo de los estudios ELSA en nanotecnología, para el caso de México se ha realizado un reporte sobre el estado del arte de estos estudios (Anexo 1)

- ReLANS. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad la cual pretende ser un foro de discusión e intercambio de información para dar seguimiento al proceso de desarrollo de las nanotecnologías en América Latina, su sede se encuentra en la Unidad Académica de Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas y los investigadores líderes son Guillermo Foladori y Eduardo Záyago-Lau. Han publicado varios textos sobre el tema, como por ejemplo Foladori e Invernizzi (Coords.) (2008). *Las nanotecnologías en América Latina*. México, México: UAZ y Foladori, G. (2009). *La gobernanza de las nanotecnologías*. *Sociológica*, (71), 301-315.



- RENANOSOMA. Red de Nanotecnología, Sociedad y Medioambiente, con sede en Instituto de Investigación de Tecnología de Estado de Sao Paulo-IPT, Sao Paulo, Brasil. Los investigadores líderes son Paulo Roberto Martins y Noella Invernizzi.

**a) Enfoques adyacentes a la investigación: gobernanza anticipada, evaluación en tiempo real de la tecnología y estudios prospectivos o de futuros.**

Otra parte de la literatura de Estudios Sociales en Nanotecnología son los marcos analíticos conocidos como **Evaluación Constructiva de la Tecnología** del holandés Arie Rip et al. 1995, **Gobernanza Anticipada, Evaluación Tecnológica en Tiempo Real** (Guston y Sarewitz, 2002, 2007). La parte central de estos marcos analíticos es promover la reflexibilidad de los nanotecnólogos, es decir, que los desarrolladores sean conscientes de que sus decisiones tecnológicas son también las de la sociedad y la evaluación *ex ante* de la tecnología, antes incluso de que se materialicen los desarrollos.

La gobernanza anticipada se entiende como “la habilidad que tienen los actores y el público en general para prepararse ante las situaciones que la nanotecnología puede presentar antes de que estos se presenten o se materialicen en tecnologías particulares” (Barben, Fisher, Selin y Guston, 2008:991-993). La propuesta de este grupo de investigaciones, a diferencia de otras propuestas de evaluación tecnológica, es que aprovechando la emergencia de la nanotecnología, buscan poner en práctica herramientas metodológicas para influenciar y guiar la tecnología justo en las primeras etapas de desarrollo, en otras palabras, integrar al laboratorio las reflexiones del diálogo con un amplio rango de actores, incluyendo el público lego. Estas propuestas no han estado exentas de críticas ya que algunos autores afirman que este tipo de intervenciones son para evitar el rechazo de los consumidores a los productos de la nanotecnología. Estados Unidos ha sido el más interesado en apoyar este tipo de investigaciones.

En estados Unidos han conformado dos centros de investigación, el primero es el Centro para Nanotecnología en la Sociedad de la Universidad de Arizona (CNS-ASU) liderado por David Guston y el segundo en la Universidad de California, Santa Bárbara liderado por Barbara Harthorn.

*Proyectos y metodologías:*

- Evaluación de sistemas de innovación utilizando análisis bibliométrico y de patentes para comprender la dinámica de la nanotecnología.
- Encuestas de opinión y valores y experimentos con los medios de comunicación para analizar cambios de opinión sobre la nanotecnología en científicos y público en general.
- Anticipación y deliberación utilizando la construcción de escenarios y otras técnicas para promover la deliberación sobre las posibles aplicaciones nanotecnológicas.

*Publicaciones relevantes*

- Guston, D., ed. 2010. *Encyclopedia of nano-science and society*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.
- Guston, D.. 2010 (30 March). Public engagement with nanotechnology. *2020 Science*. <http://2020science.org/2010/03/30/public-engagement-with-nanotechnology>.
- Harthorn, B. 2010 (4 May). Public participation in nanotechnology—Should we care? *2020 Science*. <http://2020science.org/2010/05/04/public-participation-in-nanotechnology-should-we-care>.
- Harthorn, B.H., K. Bryant, and J. Rogers. 2009. Gendered risk beliefs about emerging nanotechnologies in the US. In *Monograph of the 2009 Nanoethics Graduate Education Symposium*. Seattle: University of Washington. Available online: [http://depts.washington.edu/ntethics/symposium/Nanoethics Special Edition Monograph.pdf](http://depts.washington.edu/ntethics/symposium/Nanoethics%20Special%20Edition%20Monograph.pdf).
- Harthorn, B.H., J. Rogers, and C. Shearer. 2010. *Gender, application domain, and ethical dilemmas in nano-deliberation*. White paper for Nanotech Risk Perception Specialist Meeting, Santa Barbara, Calif. 29–30 January 2010.
- Fisher, E., Selin, C., & Wetmore, J. M. (2008). *The Yearbook of Nanotechnology in Society, Volume I: Presenting Futures*. (D. Guston, Ed.) Springer.

En Europa, existen otros grupos de investigación consolidando el tema de la evaluación en tiempo real de la nanotecnología, aunque estos se inclinan más hacia el análisis ético, entre ellos el Centro Ética y Tecnología de la Universidad de Twente y la organización Malsch TechnoValuation. En el programa marco de la Unión Europea también se financian un gran número de iniciativas para analizar el desarrollo de la nanotecnología en su diversidad entre ellos:

- Observatorio Nano <http://www.observatory-nano.eu/project/>
- Framing Nano <http://www.framingnano.eu/>
- Nano Forum <http://www.nanoforum.org/>
- ICP Nanonet <http://www.icpc-nanonet.org/>

Por otra parte, los **Estudios Prospectivos** han tomado gran relevancia para analizar el desarrollo nanotecnológico. Enfoques sociológicos sobre las expectativas (Selin, 2007; Van Lente, 1993), visiones (Grunwald, 2004), imaginarios futuros (Fujimura, 2003) e irreversibilidades emergentes (van Merker y Rip, 2005), utilizan marcos teóricos como la Teoría del Actor – Red de Michel Callon (1986), Bruno Latour (1987), así como la teoría de la co-evolución y la Evaluación de Tecnología en Tiempo Real de Ari Rip (2005). Cada uno de estos enfoques promueve distintas propuestas acerca de cómo planear el futuro de la nanotecnología (Barben, Fisher, Selin y Guston, 2008:985). Las herramientas metodológicas que utilizan son la prospectiva, la deliberación pública, los paneles y la creación de escenarios en donde se promueve la imaginación y construcción de alternativas tecnológicas entre un amplio rango de actores.

Dentro de estos trabajos también se encuentran la prospectiva tecnológica cuyos objetivos son trazar rutas para que las empresas se posicionen en los mercados en el largo plazo. Estos estudios

son de gran importancia para actores gubernamentales e industriales ya que a través de la consulta a expertos pueden tener mayor certeza de las tendencias económicas y de mercado.

Los autores más citados en el estudio de escenarios y visiones futuras son: Cynthia Selin de la Universidad de Arizona, Ari Rip de la Universidad de Twente en Holanda y Amin Grunwald del Instituto de Tecnología de Karlsruhe (KIT) en Alemania.

- Rip, A. (2005) A Sociology and Political Economy of Scientific-Technological Expectations Presentation for UNICES Seminar, Utrecht, the Netherlands, September 26.
- Selin, C. (2007) “Expectations and the Emergence of Nanotechnology,” *Science, Technology and Human Values* 32(2): 196–220
- Barben D, Fisher E, Selin C, Guston DH. Anticipatory governance of nanotechnology: foresight, engagement, and integration. In: Hackett EJ, Amsterdamska O, Lynch M, Wajcman J, editors. *The handbook of science and technology studies*. 3rd ed. Cambridge, MA: MIT Press; 2007. p. 979–1000.
- Grunwald, A. (2004) “Vision Assessment as a New Element of the FTA Toolbox,” in F. Scapolo & E. Cahill (eds), *New Horizons and Challenges for Future-Oriented Technology Analysis*. Proceedings of the EUUS Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting, and Assessment Methods, Sevilla, España: 53–67.

#### d) **Cienciometría y la bibliometría**

Finalmente, la cienciaometría y la bibliometría como especialidades también se han incorporado al estudio de la nanotecnología. Estos estudios cuantifican la producción científica de la nanotecnología y las patentes. Algunos se enfocan en la producción global (Glänzel et al., 2003; Porter et al., 2008; Mogoutov y Kahane, 2007; Kostoff et al., 2007; entre otros) otros regional (Kay et Shapira, 2009 ; OICTeI, 2008; Guan y Ma, 2007; Pouris, 2007; Igami y Saka, 2007; Molina, Miranda et al. 2010). Otros trabajos analizan la evolución de un tema específico dentro de la nanotecnología, como el de la nanotoxicología (Ostrowski, Martin, Conti, et al. 2009). Asimismo, tomando en cuenta la naturaleza multidisciplinaria de esta tecnología, quienes se interesan por esta especialidad enfrentan a la enorme complejidad de construir ecuaciones de búsqueda que les permitan recolectar la mayor cantidad de productos científicos, y es ahí donde se requiere que también el estudio de la nanotecnología sea inter y multidisciplinario.

*Sobre México se identifica las siguientes publicaciones:*

- Molina, Miranda et al. 2010 Colaboración en ciencia-tecnología entre España/Unión Europea y América Latina. Tendencias en biotecnología, ciencia de los alimentos y Nanomateriales, REDES, Vol.19, 1.
- Robles-Belmont, Vinck, De Gortari Rabiela (2008) Desarrollo de las nanociencias en México: una visión a partir de las publicaciones científicas, Nanomex, México.

*Publicaciones relevantes*

- Kostoff, R. N., R. G. Koytcheff, y C. G. Y. Lau (2007). "Global nanotechnology research literature overview", *Technological Forecasting and Social Change*, 74 (9), 1733-1747.
- Ostrowski, Martin, Conti, et al. (2009) Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000–2007, *Journal of Nanoparticular Research* 11:251–257

### **1.1 Principales puntos de controversia a la fecha y argumentación científica de cada parte.**

Autores como Stephen Wood, Alison Geldart y Richard Jones de la Universidad de Sheffield en Inglaterra, argumentan que la discusión de la nanotecnología en las ciencias sociales se ha reducido a las cuestiones de riesgo y toxicidad de las nanopartículas y a argumentar sobre la democratización de la ciencia y la tecnología en el desarrollo tecnológico (Wood, Geldart, y Jones, 2008:24-25). En opinión de estos autores existen otras preguntas que las ciencias sociales podrían discutir, y señalan entre ellas:

a) ¿es el impulso a la nanotecnología un potencial catalizador para el rompimiento de disciplinas bien establecidas como la física y la química, o bien su forma de desarrollo será una nueva distinción, diferente a la que en el pasado se hacía entre la ciencia y la tecnología, o bien, su desarrollo se parecerá a lo que Gibbons et al. (1994) distinguen como Modo 2 de producción de conocimiento, (centrado en el contexto de aplicación del conocimiento a las demandas empresariales) o bien será que el Modo 1 continúe dominando y sólo se percibirán algunas adaptaciones según el entorno económico y político?

b) la nanotecnología es la primera ciencia de la modernidad en la cual tendrán lugar desarrollos tecnológicos que provienen de países no occidentales (India, China), el relativismo cultural de la ciencia podría tener un buen caso de análisis y

c) la investigación social sobre el desarrollo de la nanotecnología deber incluir, en cierto nivel, el entendimiento del trasfondo científico y de las metodologías tecnológicas. Igualmente, si lo científicos naturales pretenden ser parte de una nueva forma de generación y organización del conocimiento (tipo Modo 2) en el que sus desarrollos se definen en términos de las demandas sociales, es necesario involucrarse significativamente con las ciencias sociales.

Por su parte, en América Latina el grupo de investigadores de la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLans) también critican el reduccionismo temático de la agenda de las nanotecnologías (Ver Foladori, Invernizzi, y Záyago, 2009). Desde su punto de vista, la discusión teórica acerca de las dimensiones éticas del desarrollo nanotecnológico es una visión parcial del conjunto de problemas y responsabilidades éticas que afronta esta tecnología. Por una parte, dicen los autores, es importante identificar las responsabilidades éticas asociadas al uso de los

desarrollos nanotecnológicos -equidad, privacidad, la cuestión militar, el medioambiente, la propiedad intelectual- así como, identificar responsabilidades (individuales y colectivas). A ese conjunto de temas los autores le han llamado “dimensión propia” (*itself dimension*). Sin embargo, esta dimensión no cuestiona el origen de estos problemas: el sistema socio-económico en el que se insertan las actividades de investigación y desarrollo de la nanotecnología, está subordinado al sistema capitalista de producción. Es decir, lo que ya se ha demostrado en los ESCyT las tecnologías están impregnadas del contexto socioeconómico y político en el cual se desenvuelven.

En este sentido, los autores proponen otra dimensión ética de la nanotecnología, la “dimensión contextual”, la cual se enfocaría en discutir y cambiar la forma en que las fuerzas socioeconómicas del actual sistema se reproducen en el desarrollo de la nanotecnología. Por ejemplo, la concentración de la riqueza que se perpetúa en el monopolio de las patentes en poder de las grandes corporaciones transnacionales con las consecuencias ya conocidas. Finalmente, para los autores, la dimensión ética *propia* de la nanotecnología es apoyada en recursos por gobiernos, corporaciones y demás interesados precisamente porque no altera el estatus quo del sistema capitalista.

## 1.2 Aspecto(s) en donde incide el proyecto que se propone

Este trabajo se inscribe en dos ejes temáticos: políticas públicas sobre ciencia, tecnología e innovación y estudios sobre los impactos Éticos, Legales Sociales, y Ambientales. Con el análisis de la gobernanza de la nanotecnología y el caso de estudio de hidrofugantes nanofabricados, se intenta discutir tanto teóricamente como en la práctica, los vacíos que existen en el sistema de ciencia y tecnología en México para identificar peligros, evaluar los riesgos, regular y monitorear la evolución de las nuevas tecnologías. A partir del análisis se pretende contribuir con recomendaciones de política que pudieran servir para integrar las consideraciones sociales, económicas y éticas en la orientación de la nanotecnología.

Asimismo, este trabajo pretende aportar conocimiento acerca de los posibles efectos de los nanomateriales manufacturados en el medioambiente, a través del estudio de caso de la degradación de un **hidrofugante nanoestructurado**.

## **2. PLAN DE TRABAJO**

### **2.1 Preguntas de investigación**

*Pregunta central en el contexto nacional:*

**¿Cómo se construye la gobernanza de la seguridad de las nanotecnologías en México?**

*Sub-preguntas:*

1. ¿Cuáles es el estado de la discusión científica sobre la incertidumbre y toxicidad de los nanomateriales manufacturados al año 2011?
2. ¿Cuál es la situación actual de las nanotecnologías en México?
3. ¿Cuál es la posición de científicos, tomadores de decisión en política científica y tecnológica, reguladores y ONG'S frente a la incertidumbre de las nanotecnologías?
4. ¿Cuál es su posición acerca de incluir otros elementos, además de los científicos, en la evaluación de la nanotecnología?
5. ¿Cuáles estrategias de regulación de nanomateriales manufacturados se han implementado en el marco de organismos internacionales o en otros países?
6. ¿Cuáles políticas, mecanismos o prácticas pueden favorecer una gobernanza plural y responsable de las nanotecnologías en México?

*Pregunta de investigación para el caso de estudio del Hidrofugante que contiene nanopartículas manufacturadas*

En la evaluación de los potenciales riesgos de las nanopartículas manufacturadas se sabe que el tamaño, la forma y las propiedades de superficie son determinantes para causar daños a la salud humana, a otro organismo o al medioambiente (Oberdörster, G., Oberdörster, E. y Jan Oberdörster, 2005, 2007 y 2009; Kumar, 2007; Powers, Palazuelos et al. 2007; Seaton, A. *et. al.*, 2009). Adicionalmente, el proceso de evaluación de riesgos involucra conocer qué sucede con el nanomaterial a lo largo de todo el ciclo de vida del producto (desde la extracción del material para el desarrollo del producto hasta su desecho/reciclaje).

En ese sentido, las preguntas centrales a discutir son:

¿Cómo se degrada el hidrofugante nanofabricado o recubrimiento? ¿Qué sucede con los nanofolios de dióxido de silicio una vez que se degrada el polímero en el que están integrados? ¿Se aglomeran las partículas?, ¿de qué tamaño quedan?, ¿cuánto tiempo permanecen de ese tamaño?

## 2.2 Objetivo principal y metas parciales para alcanzarlo

### *Objetivo general:*

Analizar el proceso de gobernanza de la seguridad de las nanotecnologías en el contexto nacional y, a partir del caso de estudio de la degradación de un producto con nanomateriales manufacturados durante su etapa de uso.

### *Objetivos particulares:*

1. Conocer cuál es el estado de la discusión científica sobre el potencial tóxico de los nanomateriales manufacturados al año 2011.
2. Investigar las capacidades científicas y tecnológicas de las nanotecnologías en México en función de su masa crítica, producción científica, financiamiento público, número de empresas de base nanotecnológica.
3. Analizar la opinión de los principales actores acerca de los potenciales riesgos a la salud humana y al medioambiente de los nanomateriales manufacturados y su regulación.
4. Analizar la opinión de los principales actores sobre la consideración de aspectos sociales, económicos y éticos en la toma de decisiones sobre las nanotecnologías.
5. Investigar los avances sobre regulación de nuevos materiales en países con mayor desarrollo en la materia y/o en el marco de organismos internacionales y determinar recomendaciones para México.

### *En el caso de estudio*

6. Conocer cómo se degrada el hidrofugante nanoestructurado y cómo se incorporan al medioambiente los nanofolios de SiO<sub>2</sub> integrados en el material.

## 2.3 hipótesis de trabajo y justificación

En el campo de los estudios CTS se ha demostrado que el desarrollo y control de la ciencia y la tecnología no son una cuestión exclusiva del Estado o de los expertos, sino que son procesos que deben ser legitimados a través de la inclusión de las perspectivas de otros actores, entre ellos la industria, las organizaciones de la sociedad civil y los consumidores. En sociedades avanzadas la gobernanza de la ciencia y la tecnología se conduce bajo políticas cada vez más democráticas, como una forma de guiar el proceso hacia mayores beneficios, enfrentar los peligros de las nuevas tecnologías, evitar la percepción negativa de sus aplicaciones y contrarrestar los intereses de las grandes empresas u otros actores que sostienen sus propias racionalidades acerca del progreso científico.

Por su parte, siguiendo el pensamiento de Kreimer (2009) el desarrollo científico-tecnológico en contextos periféricos se caracteriza por la dependencia tecnológica y por la producción de investigaciones acotadas por agendas de investigación externas, así como por la baja relevancia

social de las investigaciones. Esta situación lleva a los expertos a minimizar o negar posibles riesgos de esta nueva tecnología porque se da por supuesto que los desarrolladores ya lo previeron y es así que México se encuentra en una situación vulnerable.

De esta manera, la hipótesis de este proyecto señala que, en México el grado de intervención sobre el desarrollo de una tecnología está limitado a los expertos y a algunos sectores gubernamentales los cuales se encuentran integrados a los países centrales bajo *relaciones de subordinación*. a) Por esta razón, la regulación de las nanotecnologías en México no puede concebirse como gobernanza a la manera en que se da en los países desarrollados, sino que obedece a estrategias de tipo jerárquico más que democrático. b) En cuanto a los potenciales riesgos de los productos de las nanotecnologías, la comunidad científica nacional considera a esta dimensión fuera de su competencia.

#### *Hipótesis del caso de estudio*

Si los polímeros que contienen nanofolios de SiO<sub>2</sub> se degradan en el medio ambiente, entonces existe un riesgo potencial ya que, dado su tamaño y estructura laminar se pueden incorporar a sistemas biológicos.

### **2.4 Metodología prevista y logística para desarrollarla (dónde, cómo, cuándo, con quién, etc.)**

Para abordar esta investigación se utiliza una metodología cuantitativa y cualitativa. En el primer caso se utiliza la herramienta de la bibliometría y el cuestionario. En el segundo caso se utiliza la entrevista a profundidad a informantes previamente seleccionados. Para el análisis se utiliza también información oficial considerada de primera fuente que se solicita directamente a agencias gubernamentales como el CONACYT y la Secretaría de Economía. De forma paralela realiza un estudio de caso que da seguimiento a la evaluación de los potenciales riesgos al medioambiente de un recubrimiento nanoestructurado actualmente comercializado en el mercado nacional.

La estrategia a seguir en lo que corresponde a la parte cuantitativa se detalla a continuación:

El **análisis bibliométrico** se utiliza para caracterizar el campo de las nanotecnologías en México. A través de este estudio es posible obtener datos de la producción científica de corriente principal que investigadores mexicanos han publicado en revistas internacionales. Por ello, la fuente de información es la base de datos ISI-Web of Knowledge y el período es de 2001 al 2010.

Con los datos que se obtengan se construirán gráficas e indicadores básicos sobre el estado de las nanotecnologías en México, entre ellos:

- a) Volumen de la producción científica
- b) Distribución institucional



- c) Distribución geográfica
- d) Países de colaboración
- e) Factor de Impacto institucional

En cuanto al **cuestionario** ésta es una herramienta que se utilizará para medir las siguientes variables:

1. El conocimiento de expertos, tomadores de decisión y representantes de organizaciones no gubernamentales en relación con los potenciales riesgos a la salud humana y medioambiente de los nanomateriales manufacturados.
2. La percepción de los actores en relación con la regulación de la investigación y uso de las nanotecnologías
3. Actitudes de los actores respecto a la integración de aspectos Sociales, Económicos y Éticos en la toma de decisiones tecnológicas.
4. Identificar regímenes regulatorios de los nanomateriales manufacturados.

El cuestionario será aplicado enviando un correo electrónico a la población de estudio en el que se le invitará a entrar a una página de internet en donde previamente se cargarán las preguntas. Se ha elegido este método porque asegura la confidencialidad de los participantes, ahorra tiempo y es adecuado para los recursos escasos con los que se cuenta.

La población de estudio se describe a continuación:

<b>Población de estudio</b>			
<b>Expertos</b>	<b>Sector Gobierno</b>	<b>Sector Social</b>	<b>Sector Privado</b>
Investigadores, técnicos y estudiantes activos en nanotecnología	Tomadores de decisiones e involucrados con el desarrollo y uso de la nanotecnología	Grupos de personas interesadas en los impactos de las NT	Representantes de la industria relacionados con nanotecnología.
Nanotecnólogos del S.N.I (385) Red (1) Estudiantes (25) Técnicos (3)	CONACYT (4) SEMARNAT (2) ECONOMÍA (2) STPS (1) CENAM (1) INE (2) PROFEPA (1) Foro Consultivo CyT (1) ADIAT (1) Representantes del poder Legislativo (2)	ONG (3)	Directivos y/o Gerentes (9)
Total 414	Total 17	Total 3	Total 9

Población de estudio			
Expertos	Sector Gobierno	Sector Social	Sector Privado
Total 443			

Actualmente ya se ha realizado la prueba piloto del instrumento y se tiene programado pedir la opinión de un especialista de la UNAM para mejorarlo y realizar la versión final del instrumento (Anexo 2). El instrumento se administrará durante un período de 2 meses para posteriormente preparar los datos para su análisis (codificación, construir base de datos). Una vez que se evalúe el nivel de obtención de respuestas y en caso de que sea muy bajo, se tiene contemplado visitar las instituciones en donde hay mayor número de nanotecnólogos y solicitar su apoyo con la respuesta al cuestionario.

Por otra parte, la etapa cualitativa comprende la aplicación de entrevistas a profundidad con actores clave como investigadores y funcionarios, los cuales serán elegidos una vez que se analice la información que arroje el cuestionario y se tenga mayor certeza de qué tipo de decisiones se están tomando, qué regulaciones existen y cuáles entidades son las que están más involucradas en la toma de decisiones. En las entrevistas se utiliza la grabadora, se transcribe la entrevista y se interpreta la información.

#### *Metodología del caso de estudio*

En el mercado existen cada vez más productos de consumo final que integran nanomateriales nanofabricados, el dato más reciente del Proyecto de Tecnologías Emergentes del Centro Wodroow Wilson reporta 1,300 productos. El sector salud y del deporte continúan dominando el mercado con productos como ropa, cosméticos, cuidado personal, etc. El sector de la construcción ocupa el quinto lugar dentro de los sectores con mayor presencia en el mercado nanotecnológico. Para esta investigación se ha elegido analizar un producto de esta categoría, concretamente un **recubrimiento protector nanoestructurado para piedra porosa y madera** que se comercializa en varios países del mundo, incluyendo México.

La importancia de la industria de pinturas y recubrimientos nanoestructurados y, en particular de recubrimientos protectores nanoestructurados contra la corrosión y abrasión es creciente y se proyecta que en el mediano plazo sustituya todas aquellas cubiertas que se utilizan para proteger la flota marina, el transporte militar, así como otros sectores industriales de maquinaria y empaque (<http://www.paintsquare.com/news/>)

El mercado mundial de recubrimientos nanoestructurado en 2010 fue de \$1.3 mmdd y se espera crezca a \$3.5 mmdd en 2015 de acuerdo con *The World Market for Nanostructured Coatings*.

El objetivo del caso de estudio es realizar un experimento de degradación con el recubrimiento nanoestructurado, a partir de los productos de degradación que se obtengan, hacer inferencias sobre su posible ingreso al medioambiente y/o a un sistema biológico.

Otro objetivo es tomar como “punta de prueba” este caso para analizar la complejidad de la gobernanza de la evaluación de las aplicaciones nanotecnológicas y su regulación por ejemplo, tomando en cuenta que estos productos son multifuncionales, es decir, se aplican a muchos sectores industriales. También se pretende que el caso sea de utilidad para dar cuenta de la necesidad que tiene el sistema de gobernanza de la CyT de recursos, infraestructura, personal capacitado, mecanismos e instituciones que permitan evaluar las nanotecnologías.

### Experimento

Las etapas en que se realizará son las siguientes.

#### 1) Caracterización del material:

Termo Gravimetría Diferencial (TGD)

Identificar la matriz polimérica con Infra Rojo (IR)

#### 2) Experimento de Degradación

- Aplicando solución alcalina
- Solución simulada de lluvia ácida
- Exposición a rayos ultravioletas

<b>Ficha del Caso de Estudio</b>	
Datos Generales	Producto: Hidrofugante nanoestructurado Familia Química: siliconatos Nombre comercial: Recubrimiento Madera y Piedra FST ( <b>Fusiona-Sella-Transpira</b> ) Marca: NANTEC y Nanodepot Origen: Alemán Distribución: Internacional
Usos	muros, pisos de barro, pisos de cemento, tejas, petatillos, block, tabique, cantera, madera, papel, para la elaboración de concreto impermeable, cimentación, cisternas, tanques, muros albercas, canaletas, jardineras, fosas sépticas, pilotes muelles, puentes, tubos de concreto para agua y drenaje.
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Más eficiente</li> <li>✓ Disminuye mantenimiento</li> <li>✓ Menos materia prima</li> <li>✓ Multifuncional</li> <li>✓ Mayor durabilidad</li> </ul>
Aspectos Legales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar qué tipo de normas aplican a la importación, comercialización y desecho del producto.</li> </ul>

### **2.5 Preparación adicional (cursos de proyecto)**

Seminario de Investigación: cursado en el cuarto semestre bajo la modalidad de movilidad en el Programa de Doctorado de Sociología de la UAM-AZC en la línea de Sociedad y Nuevas Tecnologías. Se contempla cursar otra materia una vez que se discuta que tipo de curso es el conveniente y disponible.



## Las Nanotecnologías en México, un caso de gobernanza de la Ciencia y la Tecnología en países en desarrollo

Cronograma de actividades																																
SEMESTRE	2012-I						2012-II						2013-I						2013-II						2014-I							
ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6		
Seguimiento y discusión sobre la degradación de recubrimiento Nanoestructurado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Caracterización del material - Termo Gravimetría Diferencial (TGD) - Identificar la matriz polimérica con Infra Rojo (IR)	X	X	X	X	X	X																										
Experimento de Degradación							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Redacción de primer borrador de Tesis																				X	X	X	X									
Revisión de borrador de tesis por directores																									X	X						
Elaboración de documento final																											X	X	X	X	X	

## **2.6 Riesgos de viabilidad**

Hasta este momento se observan dos retos para llevar a cabo la investigación. En primer lugar la velocidad con que cambia mi objeto de estudio, que es el desarrollo de las nanotecnologías, lo que dificulta tener un diagnóstico del estado de las cosas más o menos estable, este dinamismo se une paradójicamente con una incipiente difusión en el contexto nacional, que dificulta la obtención de datos oficiales. El otro riesgo de viabilidad, usual en las investigaciones sociales, es la obtención suficiente y oportuna de respuestas al cuestionario, lo cual es una variable para la cual ya se tienen contempladas algunas estrategias de solución.

## **3. RESULTADOS PRELIMINARES**

Se entregan como anexos 3 y 4 de este documento

## **REFERENCIAS**

- Barben, D., Fisher, E., Selin, C., & Guston, D. H. (2008). Anticipatory Governance of Nanotechnology. En O. A. Edward J. Hackett, *Handbook of Science and Technology Studies* (Tercera Edición ed., págs. 979-995). Cambridge: MIT Press.
- Barker, T. F., Fatehi, L., & Lesnick, M. T. (2009). Nanotechnology and the Poor: Opportunities and Risks for Developing Countries. En F. Allhof, & P. Lin, *Nanotechnology & Society* (págs. 243 - 264). Springer.
- Ferrari, A., & Mali, F. (2011). Ethicisation and Vision in Discourse on Emerging Technoscience. *International Conference, Governing Futures*. Viena, Austria.
- Fisher, E., Selin, C., & Wetmore, J. M. (2008). *The Yearbook of Nanotechnology in Society, Volume I: Presenting Futures*. (D. Guston, Ed.) Springer.
- Foladori, G., Invernizzi, N., & Záyago, E. (2009). Two dimensions of the Ethical Problems Related to Nanotechnology. *Nanoethics* , 3, 121-127.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (2008). Values and Uncertainties. En G. H. Hadorn, H. Hoffmann-Riem, S. Biber-Klemm, & W. Grossenbacher-Mansuy, *The Handbook of Transdisciplinary Research* (págs. 361-368). Springer.
- Invernizzi, N., & Vinck, D. (2009). Presentación. *REDES* , 15 (29), 43-47.
- Strand, R. (16 de Noviembre de 2001). ELSA Studies of Nanoscience and Nanotechnology. *The COST Nanoscience and Technology Advisory Group (NanoSTAG)* .
- Wiesmann, U. (2008). Enhancing Transdisciplinary Research: A Synthesis in Fifteen Propositions. En G. H. Hadorn, H. Hoffmann-Riem, & S. Biber-Klemm, *Handbook of Transdisciplinary Research* (págs. 433-442). Springer.
- Wood, S., Geldart, A., & Jones, R. (2008). Crystallizing the nanotechnology debate. *Technology Analysis & Strategic Management* , 20 (1), 13-27.