

Actividades relacionadas con las nanotecnologías en Brasil

Paulo Roberto Martins¹
Richard Domingues Dulley²
Adriano Premebida³
Ruy Braga⁴

Introducción

Toda periodización utilizada para determinar cuando surge algo nuevo en ciencia y tecnología en un país es problemática, pues siempre se trata de un recorte de la historia. Con frecuencia es posible identificar que el origen de un evento se remonta a un período anterior a lo que comúnmente se admite. Hecha esta aclaración, vamos a considerar en este trabajo que la historia del desarrollo reciente de la nanociencia y nanotecnología (N&N) en Brasil se inició en 2001, con el *Llamado CNPq Nano n° 01/2001* (CNPq, 2001), cuyo objetivo fue la constitución de cuatro redes de investigación en nanotecnología, y contó con un presupuesto de R\$ 3.000.000. Sin embargo, el propio Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) había realizado inversiones en equipamientos para crecimiento epitaxial de semiconductores ya en 1987, y algunas tesis en el campo de la N&N habían sido defendidas en la Universidad Estadual de Campinas (Unicamp) a partir de 1992.⁵ De hecho, algunos investigadores de forma individual o en grupos ya se dedicaban a la investigación en esta área en Brasil antes de la existencia de las cuatro redes cooperativas de investigación creadas por el referido llamado del CNPq.

Es también necesario señalar que cuando se traza el desarrollo de un sector económico o de una área de C&T con base en fuentes oficiales, se presenta una parte del conjunto, aquella que refleja la visión oficial sobre el proceso de desarrollo en cuestión.⁶ Pretendemos aquí realizar un análisis crítico fundamentado en los datos oficiales del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) y del CNPq, presentando también datos y hechos que no están retratados por fuentes oficiales. Es lo que podríamos llamar “la historia no contada de la nanotecnología”, oculta y muchas veces ignorada de propósito en el contexto de la disputa existente entre las diversas áreas del conocimiento (ciencias exactas, biológicas y humanas) sobre el desarrollo de la nanotecnología en Brasil y sus protagonistas.

La perspectiva adoptada es la de un conjunto de investigadores, integrantes de la Red Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente (Renanosoma), que han tomado a la nanotecnología como objeto de estudio de las ciencias humanas y, con ello, pretenden

¹ Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de San Pablo, Brasil; coordinador da Rede Nacional Nanotecnologia, Sociedade y Medio Ambiente (Renanosoma). marpaulo@uol.com.br

² Investigador del Instituto de Economía Agrícola, Secretaria de Agricultura del Estado de San Pablo, Brasil. Investigador de Renanosoma. dulley@iea.sp.gov.br

³ Candidato a Doctor en Sociología, Universidad Federal de Río Grande del Sur, Brasil. Investigador de Renanosoma. premebida@hotmail.com

⁴ Profesor del Dpto. de Sociología, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias Humanas de la Universidad de San Pablo, Brasil. Investigador de Renanosoma. ruy.braga@uol.com.br

⁵ Un documento de la Unicamp con la relación de tesis defendidas entre 1992 y 2005 se encuentra disponible en <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/33353.html> (Consultado septiembre 12, 2006).

⁶ Las informaciones oficiales están disponibles en el sitio del Ministerio de Ciencia y Tecnología (<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/727.html>).

contribuir para la producción de conocimientos científicos sobre el tema, haciendo de la nanotecnología una actividad multidisciplinaria.

En la sección que sigue exponemos los hechos fundamentales que marcaron la política reciente para el desarrollo de la N&N en Brasil, destacando las características que definen tal política y enfatizando la exclusión del aporte de las ciencias sociales en la perspectiva oficial. En la sección siguiente exponemos la creación de la Red Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente, y las actividades de investigación y difusión que ha venido desarrollando, con el propósito de analizar los impactos sociales y ambientales de las nanotecnologías y convocar el diálogo entre diversas organizaciones sociales.

1. Las redes de investigación en nanotecnología

Las redes de investigación en nanotecnología constituyen un mojón en el desarrollo de la nanotecnología en Brasil, el más importante en cuanto a articular recursos humanos y financieros. El *Llamado CNPq Nano n° 1/2001* fue la primera acción del Estado brasileño referente al desarrollo de la N&N. Su objetivo era:

Fomentar la constitución y consolidación de Redes Cooperativas Integradas de Investigación Básica y Aplicada en Nanociencias y Nanotecnologías, organizadas como centros virtuales de carácter multidisciplinario y de porte nacional ... a través del apoyo a proyectos de investigación científica y/o de desarrollo tecnológico, en temas seleccionados en las líneas de investigación en nanociencias y nanotecnología para 2001-2002 (CNPq, 2001).

Es necesario explicitar que el carácter multidisciplinario atribuido a la N&N nunca incorporó a las ciencias humanas, y que la multidisciplinariedad siempre fue entendida y practicada excluyendo al área de humanidades.

Por medio de estas redes, el Estado brasileño pretendía:

- I. Iniciar un proceso de creación y consolidación de competencias nacionales;
- II. Identificar grupos o instituciones de investigación que desarrollaran o pudiesen desarrollar proyectos relacionados con el área de N&N; y
- III. Estimular la articulación de esos grupos e instituciones con empresas potencialmente interesadas o ya actuando en el sector, además de su intercambio con centros de reconocida competencia en el país y en el exterior (CNPq, 2001).

Aunque se trataba de recursos públicos, en el monto de R\$ 3 millones para propuestas en materiales nanoestructurados, nanobiotecnología, nanoquímica y nanodispositivos, el llamado indicaba que las redes deberían articular los diferentes actores y agentes públicos y privados relevantes para el desarrollo del área de N&N en Brasil:

Esas redes deberán articular los diferentes actores y agentes públicos y privados capaces de contribuir con la identificación, calificación y solución de problemas relevantes para el desarrollo del área de nanociencia y nanotecnología en Brasil. Para eso, este llamado pone a disposición de forma integrada el conjunto de instrumentos operados por el CNPq. Deberán tener prioridad de atención las propuestas que presenten soluciones innovadoras desde el punto de vista del arreglo institucional propuesto para, entre otros objetivos, iniciar un proceso de consolidación de los grupos ya actuantes en el tema, estimulándolos a ejercer un papel de relevancia en la formación y capacitación de recursos humanos especializados en todos los niveles y en el apoyo a grupos emergentes o en formación (CNPq, 2001)

Este es un punto importantísimo a ser resaltado, pues explicita la concepción dominante en todo el proceso de desarrollo de la N&N en Brasil hasta inicios de 2007, en

que se escribe este trabajo. Tal concepción hegemónica encontrada a partir del llamado *CNPq Nano n° 01/2001* establece que quienes son capaces de contribuir para la identificación, calificación y solución de los problemas relevantes del desarrollo de la N&N son los científicos que están desarrollando la N&N, aquellos que están diseñando las políticas públicas en N&N en el ámbito del gobierno brasileño y el sector empresarial (el socio que siempre se busca) a través de asociaciones de clase representativas o directamente representantes de las empresas. Aunque los recursos públicos dedicados al desarrollo de la N&N provengan de impuestos pagados por la sociedad, los actores y agentes que contribuyen y deciden el rumbo de desarrollo de la N&N en Brasil no abarcan los actores y agentes sociales tales como entidades de defensa de intereses difusos de la sociedad (medio ambiente, salud, consumidores), entidades representativas de los trabajadores (centrales sindicales, sindicatos y sus órganos de asesoría), entidades de defensa de los derechos humanos, entidades de defensa de la participación popular, entidades religiosas, etc.

Por lo tanto, la política de N&N nació y permanece hasta el presente no admitiendo control social sobre ella. Quien debe decidir son los “especialistas”, el Estado – más específicamente el MCT – y segmentos empresariales que logran acceso directo a los consejos y/o decisiones ministeriales.⁷

Siete ideas están siempre presentes en los diversos llamados que articularon el proceso de desarrollo de la N&N en relación a los objetivos a ser alcanzados. Ellas son:

1. estimular el desarrollo científico y tecnológico;
2. aumentar la competitividad internacional de la ciencia, tecnología e innovación brasileñas;
3. desarrollo regional equilibrado;
4. integrar la investigación realizada en el sector público (universidades, centros de investigación), y en el sector privado y empresas;
5. creación de empleos calificados;
6. incrementar el nivel tecnológico de las empresas brasileñas;
7. incrementar el desarrollo económico brasileño.

Estos objetivos pueden ser así sintetizados: las nuevas tecnologías llevan a las innovaciones; estas conducen, necesariamente, al aumento de la competitividad de las empresas, industrias, países, lo cual, por su vez, asegura el crecimiento económico, que va a redundar en mayores niveles de bienestar social. Por lo tanto, la primera visión hegemónica que caracteriza las políticas de N&N atribuye una causalidad lineal entre las variables, configurando el llamado modelo lineal de innovación:

Nuevas tecnologías =>innovación=>más competitividad=>más crecimiento=>más calidad de vida

Siendo así, una política de C&T y/o de N&N acaba por ser entendida como una política social. Esta es la segunda concepción que permea toda la visión del desarrollo de la N&N en los diversos llamados.

⁷ En lo que se refiere al ritmo, acciones y recursos para la N&N hay un gran descompás entre el MCT y los demás ministerios, lo que implica que la política del gobierno federal para N&N se restringe a la política del MCT, inclusive después de la estructuración de la Política Industrial y de Comercio Exterior, instrumento que define las acciones de gobierno en el campo de la industrialización y del comercio exterior.

Finalmente, cabe resaltar una tercera percepción implícita en esos llamados, que se refiere a que el desarrollo de la nanotecnología es algo inexorable, ya dado, y que Brasil no puede “perder el tren de la historia”. No hay posibilidad de cuestionar esta trayectoria tecnológica, *a priori* admitida como la más eficiente y asumida como la *one best way* (el mejor y único camino).

Según el *Informe Nanotecnología, Inversiones, Resultados y Demandas* (Brasil, 2006b), elaborado por la Coordinación General de Micro y Nanotecnología,

... las iniciativas del gobierno enfocadas al área de nanotecnología surgieron en 2001, cuando fueron creadas las cuatro redes de investigación. Este llamado recibió 27 propuestas y aprobó 12 de ellas, que fueron agrupadas en las cuatro redes de investigación constituidas (MCT, 2006a).

El alcance interdisciplinario abarca los campos de física, química, matemática, medicina, biología, ingenierías, ciencias de los materiales y tecnología de la información. Como podemos observar, las ciencias humanas no están contempladas en estas cuatro redes.

Esta iniciativa permitió mapear las competencias nacionales. Entre 2002 y 2005, las redes involucraron 300 investigadores, 77 instituciones de educación e investigación y 13 empresas, y publicaron más de mil artículos científicos y depositaron más de 90 patentes (MCT, 2006a). El Cuadro 1 muestra los resultados obtenidos por cada una de las redes.

Cuadro 1
Resultados obtenidos por las Redes de Investigación

Red	Investigadores	Instituciones	Empresas	Artículos	Patentes
Nanobiotecnología	92	19	9	647	25
NanoSemiMat	55	18	1	970	15
Nanoestructurados	150	23		225	*
Renami	61	17	3	450	57
Total	358	17	13	2319	97

Fuente: Elaborado por los autores con base en MCT, 2006a, 12.

* No informado

Es preciso realzar que, entre 2001 y 2005, estas redes recibieron R\$ 3 millones provenientes del llamado *CNPq Nano n° 01/2001*, que las creó, y luego, dos términos adicionales fueron firmados, con incorporación de nuevos recursos. El primero fue firmado en 2003, incorporando R\$ 5 millones y el segundo en 2004, por el monto de R\$ 1.800.000. De esta forma, las cuatro redes recibieron en ese período un total de recursos de R\$ 9.800.000 (MCT, 2006a)

Este texto no tiene como objetivo analizar el desempeño de cada una de las redes, incumbencia que cabe al MCT/CNPq, sino sólo presentar algunos datos sobre ellas, sintetizadas en el Cuadro 2, a seguir:

Cuadro 2

Objetivos de las Redes Cooperativas de Investigación en N&N (2001-2005)

<i>1 Red de Nanobiotecnología:</i>
<p>Objetivos:</p> <p>a) Desarrollar nuevos métodos de preparación de fármacos encapsulados en nanopartículas: tratamiento de cáncer, tuberculosis, leishmaniasis y esquistosomosis;</p> <p>b) Síntesis y caracterización de fluidos magnéticos con aplicación en diagnóstico y terapias en cáncer;</p> <p>c) Métodos instrumentales en materiales nanoestructurados con finalidad de caracterización de nanoestructuras y aplicación en diagnósticos.</p> <p>Sub-áreas:</p> <p>a) Farmacéuticos y terapias: liberación controlada de fármacos;</p> <p>b) diagnósticos y terapias: materiales magnéticos, fluidos magnéticos;</p> <p>c) diagnóstico e instrumentación.</p>
<i>2 Red de Nanodispositivos, Semiconductores y Materiales Nanoestructurados (NanoSemiMat)</i>
<p>Objetivos:</p> <p>a) Síntesis, crecimiento y/o deposiciones de materiales nanoestructurados: formación de sistemas multicamadas y estructuras de dispositivos nanoeléctricos con base en materiales semiconductores híbridos;</p> <p>b) física de interfases, tecnología MOS, ruptura dieléctrica, interacción (generación) de radiación con (por) nanodispositivos y materiales nanoestructurados;</p> <p>c) Propiedades ópticas, vibracionales y fenómenos de transporte 3D y 2D en sistemas semiconductores diversos;</p> <p>d) Innovaciones en técnicas, procesos y simulaciones de nanoestructuras semiconductoras artificiales: 3D y láseres, LEDs, fotodetectores, etc.;</p> <p>e) Uso de técnicas teóricas para el estudio de nuevos fenómenos en nanoestructuras y nanodispositivos_ <i>ab initio</i>, masa efectiva, dinámica molecular, Monte Carlo (cuántico), percolación, etc.;</p> <p>f) Producción de componentes, dispositivos y semiconductores discretos: para aplicaciones en sensores, en optoelectrónica y áreas afines. Otras aplicaciones de semiconductores, polímeros, cerámicas y materiales porosos.</p>
<i>3 Red Nacional de Materiales Nanoestructurados</i>
<p>Objetivos (coinciden con los 12 proyectos desarrollados):</p> <p>a) Síntesis, caracterización y manipulación de nano-objetos;</p> <p>b) Efecto de adsorción de gases en la conductividad eléctrica de nanotubos de carbono;</p> <p>c) Nitratación de dieléctricos alternativos al óxido de silicio;</p> <p>d) Puntos cuánticos auto formados, crecimiento, caracterización y dispositivos;</p> <p>e) Fabricación y caracterización de puntos cuánticos auto-organizados;</p> <p>f) Estructuras de puntos cuánticos para foto detección en infrarrojo medio;</p> <p>g) Nuevo sistema de inyección de <i>spin</i> en nanoestructuras semiconductoras;</p> <p>h) Estudios de dicronismo circular magnético de nanosistemas con luz sincrotrón;</p> <p>i) Estructuras y magnetismo en sistemas epitaxiales con metales 3D;</p> <p>j) Desarrollo de <i>microsquids</i> para el estudio de nanoobjetos magnéticos aislados;</p> <p>l) Transporte cuántico de <i>spin</i> y respuesta magnética en sistemas nanoscópicos;</p> <p>m) Spintrónica; modelación computacional de materiales.</p>
<i>4 Red de Nanotecnología Molecular y de Interfaces (Renami)</i>
<p>Objetivos generales:</p> <p>Estudiar y desarrollar sistemas de nanotecnología molecular y materiales nanoestructurados.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Caracterización y estudios de propiedades físico-químicas de interfases y funcionalización de superficies;</p> <p>b) Modelación, preparación y caracterización de sistemas moleculares y superconductores con funcionalidad;</p> <p>c) Preparación de materiales híbridos para utilizarse como materiales magnéticos y materiales fotónicos.</p>

Fuente: elaborado por los autores tomando información de las páginas web de las Redes de Investigación en N&N.

Estas cuatro redes de investigación cooperativas concluyeron sus actividades oficialmente al final de octubre de 2005. La acción gubernamental de fomento de redes de investigación en N&N continuó a través del *Llamado MCT/CNPq n° 29/2005*. Según el

Informe de la Coordinación de Nanotecnología del MCT, en 2005, el *Llamado MCT/CNPq n° 29/2005* propició la creación de diez redes (Programa Rede BrasilNano), con recursos de R\$ 27,2 millones para cuatro años (MCT, 2006b). Tales recursos provinieron de los Fondos Sectoriales y del presupuesto del Plano Pluri-anual (PPA) 2004-2007 para Apoyo a las Redes y Laboratorios de Nanotecnología. Las diez redes, a seguir discriminadas en el Cuadro 3, se encuentran en fase inicial de ejecución. Sus actividades se centran en la adquisición de equipamientos, eventos de integración e implementación de infraestructura adecuada. Hasta el primer semestre de 2006 no obtuvieron resultados concretos tales como productos, procesos, patentes o servicios.

De acuerdo con el llamado, las redes serían sometidas a las disposiciones de la Resolución del MCT n° 614, del 1° de diciembre de 2004, que instituyó la Red BrasilNano. El Cuadro 3, basado en el Informe *Nanotecnología, Inversiones, Resultados y Demandas* (MCT, 2006a), presenta los objetivos que cada una de las redes pretende ejecutar a lo largo de sus cuatro años de existencia.

Cuadro 3
Foco y objetivos de las Redes del Programa Brasil Nano (2005-2008)

<i>1 Red de Nanofotónica</i>
Objetivos. Desarrollo, caracterización (nuevas técnicas, inclusive imagen en nanoescala) y aplicaciones de algunos tipos de materiales ópticos nanoestructurados, así como sus aplicaciones en nanobiofotónica. Foco: desarrollo, caracterización y aplicaciones de algunos tipos de materiales ópticos nanoestructurados, bien como sus aplicaciones en nanobiofotónica, cuyo impacto podrá inducir el desarrollo de procesos y técnicas innovadoras en esas áreas.
<i>2 Red de Investigación en Nanobiotecnología y Sistemas Nanoestructurados</i>
Objetivos Actividades en nanobiotecnología: nanomarcadores para aplicaciones biológicas; nanotubos de carbono: caracterización y bioaplicaciones; nanosistemas para entrega de fármacos; cristales de aminoácidos, proteínas y bases de DNA/RNA: crecimiento, caracterización, cálculos <i>ab initio</i> y aplicaciones. Actividades en sistemas nanoestructurados: ñaño electrónica basada en el DNA y termodinámica del DNA; <i>design</i> de nanoestructuras moleculares; sistemas magnéticos nanoestructurados; filmes y sistemas nanoestructurados de dimensionalidad reducida. Foco: dispositivos nanoelectrónicos y herramientas con varias aplicaciones: sensores, diagnóstico, terapéutica, etc.
<i>3 Red de Nanotecnología Molecular y de Interfases</i>
Objetivos Investigar y desarrollar filmes finos e interfases; química molecular y supramolecular; electrónica y fotónica moleculares. Foco: química molecular y supramolecular; filmes finos e interfases; electrónica y fotónica moleculares; materiales nanoestructurados moleculares.
<i>4 Red Nanotubos de Carbono: Ciencia y Aplicaciones</i>
Objetivos Producir, caracterizar, estudiar propiedades físicas y químicas fundamentales y desarrollar algunos dispositivos en base a nanotubos de carbono. Foco: información no disponible.
<i>5 Red Nanocosméticos: del Concepto a las Aplicaciones Tecnológicas</i>
Objetivos Consolidar la Red Nanocosméticos, para el desarrollo de competencia en el sector y capacitación del país en tecnologías necesarias para el desarrollo de sistemas supramoleculares y nanoestructurados destinados a la elaboración de productos cosméticos, cosmeceúticos y dermatológicos; estímulo a los estudios básicos para comprensión del comportamiento de los nanocosméticos en blancos biológicos; formación de recursos humanos en esa área por medio de un enfoque multidisciplinaria e inter-institucional, así como estímulo a la

<p>protección de la propiedad intelectual por el patentamiento de productos y procesos para futura transferencia de tecnología por medio de asociaciones con empresas del sector y constitución de nuevos emprendimientos de base tecnológica.</p> <p>Foco: desarrollo tecnológico de productos de base nanotecnológica para aplicación cutánea.</p>
<p>6 Red de Microscopía de Barredura Electrónica – Software y Hardware Abiertos</p>
<p>Objetivos</p> <p>Difundir la técnica de microscopía de barradura de sondas (SPM), por medio de dos iniciativas complementarias:</p> <p>Adquisición de un sistema de microscopía de fuerza atómica y de tunelación, en proceso de instalación en la Universidad Federal de Minas Gerais, con acceso a todos los miembros de la red;</p> <p>Implementación de una plataforma de SPM que sea abierta, con base en Linux, en la cual cada nudo de la red tenga una iniciativa independiente y complementaria. Se pretende construir como mínimo dos a tres instrumentos hasta el final de la red.</p> <p>Foco: para desarrollar las actividades “a” y “b” de manera independiente, la red se subdivide en una fracción que corresponde a usuarios y otra que corresponde al desarrollo de <i>hardware/software</i>.</p> <p>Las actividades de “a” se inician en agosto [de 2006], durante el período de instalación del instrumento en la UFMG. Las actividades “b” siempre existieron de manera no coordinada. El propósito que origina esta red fue fundamentalmente catalizar esas iniciativas de construcción de microscopios en un único esfuerzo en el que hubiese complementariedad de actividades entre los diversos nudos. El foco de esta se centra en; sistema de barradura básico y común a todos, consistente en <i>software</i> y sistema DSP, así como piezos y amplificadores de alta tensión; y desarrollo de interfaces dedicadas a cada problema, como por ej., microscopía de tunelación en ultra-alto vacío, microscopía confocal Raman, microscopía de microondas por campo próximo, etc.</p>
<p>7 – Red de Investigación en Simulación y Modelación de Nanoestructuras</p>
<p>Objetivos</p> <p>Desarrollar métodos numéricos para modelación de estructuras nanométricas.</p> <p>Foco: directamente ligado a modelación.</p>
<p>8 Red Cooperativa de Investigación en Revestimientos Nanoestructurados</p>
<p>Objetivos</p> <p>Desarrollar investigación básica, experimental y teórica con el propósito de estudiar diferentes tipos de revestimientos nanoestructurados multicapas, revestimientos a base de carbono y diamante ultrananocrystalino, que propicien el aumento del desempeño de partes metálicas y plásticas (polímeros) con varias aplicaciones potenciales, en especial en la industria de máquinas y equipamientos, en la instrumentación biomédica, en la industria automovilística y espacial.</p> <p>Foco: revestimientos nanoestructurados.</p>
<p>9 Red de Investigación Nanoglicobiología</p>
<p>Objetivos</p> <p>Utilizar polisacáridos naturales originarios de la vasta biodiversidad brasilera, sea de algas, exsudados, semillas y exoesqueletos en forma natural o derivada, para la preparación de materiales nanoestructurados como nanopartículas, filmes finos o nanocompuestos, con el objetivo de desarrollar nuevos productos y procesos de interés para la nanotecnología y nanobiotecnología, implementándolos para aumentar la competitividad de conocimientos y capacitación de personal para el aprovechamiento de oportunidades científicas, tecnológicas y económicas.</p> <p>Foco: polisacáridos para el desarrollo de nanomateriales para liberación controlada de drogas (anti-malaria y cáncer), desarrollo de vacuna oral para el rotavirus y desarrollo de filmes nanoestructurados.</p>
<p>10 Red Nanobiomagnetismo</p>
<p>Objetivos:</p> <p>Biocompuestos, fluidos magnéticos biocompatibles.</p> <p>Foco: información no disponible.</p>

Fuente: Elaborado por los autores con base en Brasil (2006a)

2. Actividades de la RENANOSOMA

La red de investigación en Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente – RENANOSOMA – fue constituida por iniciativa del Dr. Paulo Roberto Martins, investigador del Instituto de Investigaciones Tecnológicas –IPT en 2004. En marzo de 2007

esta red contaba con 29 investigadores provenientes de 21 instituciones. Actualmente desarrolla cuatro líneas de investigación: impactos de las nanotecnologías en la sociedad y el medio ambiente; ética y nanotecnología; nanotecnología, agricultura y sociedad; y comunicación y nanotecnología (en implantación). Algunos resultados de investigación se exponen más adelante.

La red se ha propuesto como una actividad importante difundir el conocimiento sobre nanotecnologías y sus posibles impactos positivos y negativos en la sociedad para el público general. Para ello, ha organizado varios seminarios nacionales e internacionales.

a) Resultados de investigación

El empeño de la Renanosoma en investigar los impactos económicos, sociales y ambientales de la nanotecnología y en especial en la agricultura, tiene el propósito de alertar a los diferentes productores agrícolas y de los demás eslabones de la cadena productiva, a las instituciones públicas y privadas, a los sindicatos, a las organizaciones no gubernamentales y a los consumidores, entre otros, sobre la existencia real y potencial de impactos positivos y negativos de estas tecnologías en el medio y largo plazos.

Con el proyecto de investigación “Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente en los Estados de San Pablo, Minas Gerais y Distrito Federal” -producto del *Llamado 13/2004 del CNPq*- fueron obtenidos datos primarios a partir de entrevistas con representantes de cinco segmentos sociales: academia, formuladores de políticas públicas, empresas; sindicatos y organizaciones no gubernamentales (ONGs) localizados en tres estados de la Federación (San Pablo, Minas Gerais y Distrito Federal).

En esta investigación fue indagada cual es la posición de cada uno de esos segmentos en relación a las nanotecnologías y a temas a ellas relacionados: mercado, regulación, impactos, comunicación y ética.

La investigación concluyó que todos estos actores consideran que las nanotecnologías son importantes para la economía brasileña y reconocen la importancia del papel del Estado como inductor de acciones en esa área. Fue verificada una convergencia de opiniones sobre la necesidad de regulación, pero hubo divergencias sobre cómo y quien debe llevarla a cabo. Los diferentes actores manifestaron que la nanotecnología tendrá impactos en diversas áreas; sin embargo, sus opiniones fueron diversas en cuanto a su extensión e intensidad, en particular en algunas áreas como empleo, obsolescencia de tecnologías, precios y toxicidad. Así mismo, se verificó que la noción de riesgos y el conocimiento sobre el principio de precaución y su aplicación son heterogéneos y merecerían un debate más profundo.

A partir de estos resultados, se entendió necesario profundizar la investigación, abordando de forma más específica la realidad agrícola brasileña. En negociaciones con el Nucleo de Estudios Agrarios y Desarrollo Rural (NEAD), perteneciente al Ministerio del Desarrollo Agrario, fue firmado, a comienzos de 2007, un acuerdo para la realización de una investigación sobre los “Impactos sociales y ambientales de la nanotecnología en el agro negocio de la soja en Brasil”, de alcance nacional. La opción del foco en este cultivo se fundamentó en la importancia de esta oleaginosa en el contexto de la producción brasileña de granos, por su intensa participación en la pauta de exportación de productos de la agricultura, por la extensión de su cultivo en el territorio brasileño en sus diversos ecosistemas, por la cantidad y diversidad de productores rurales involucrados, por los varios usos industriales de este grano y por su elevado consumo humano en diversos productos alimenticios.

A través de productos y procesos, las nanotecnologías tienen potencial de afectar aspectos clave de la producción agrícola, tales como el uso de los recursos naturales agua, suelo, nutrición y salud de las plantas, energía consumida e interacción con diversos ecosistemas. Tal posibilidad suscita los siguientes interrogantes: ¿cuáles serán los productores rurales que estarán incluidos en el proceso de adopción de esta tecnología? ¿Cuáles serán los excluidos de este proceso?

La investigación propuesta permitirá tener una visión más precisa sobre el horizonte temporal de la llegada de la nanotecnología a la agricultura brasileña. Se espera que los resultados contribuyan a aclarar en que plazos las nanotecnologías podrán impactar la agricultura.

Consideramos que las innovaciones que serán introducidas por las nanotecnologías podrán permitir avances en todos los sectores de las actividades humanas. Sin embargo, cuestionamos si esa capacidad de transformaciones revolucionarias acarrea riesgos. En este sentido, cabe la pregunta: ¿el Estado está preparado para enfrentar esas nuevas tecnologías y sus impactos?

b) Seminarios

El Primer Seminario Internacional Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente (I Seminariosoma) fue realizado en la ciudad de San Pablo, Brasil, el 18 y 19 de julio de 2004, patrocinado por el MCT/CNPq, mediante llamado específico. La Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias Humanas de la Universidad de San Pablo (FFLCH/USP), el Instituto de Estudios Avanzados (IEA/USP) y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de San Pablo (IPT) actuaron como instituciones co-promotoras. .

El año siguiente, de 19 a 21 de octubre de 2005, tuvo lugar el Segundo Seminario Internacional Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente (II Seminariosoma) en la ciudad de San Pablo, patrocinado por el Ministerio del Desarrollo Agrario (MDA/NEAD). Fueron entidades co-promotoras: el IEA/USP, el Instituto de Economía Agrícola (IEA/APTA/SAA) y el Centro de Ciências Jurídicas y Económicas de la Universidad Federal de Espírito Santo, IPS/FURB. IPT.

El Tercer Seminario Internacional Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente (III Seminariosoma) se realizó en 2006, también en San Pablo, del 6 al 9 de noviembre, patrocinado por el Ministerio del Desarrollo Agrario (MDA/NEAD), contando con el apoyo del IEA/USP, del Instituto de Economía Agrícola (IEA/APTA/SAA), del Centro de Ciencias Jurídicas e Económicas de la Universidad Federal de Espírito Santo, del IPT, del Intercambio, Estudios e Investigaciones (IIEP) y del comité 23 de la International Sociological Association (ISA/RC n° 23 Science and Technology).

Finalmente, el IV Seminario Internacional Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente (IV Seminariosoma) se realizó en la ciudad de Victoria, Estado de Espírito Santo, del 6 al 8 de agosto de 2007, con los mismos patrocinadores e instituciones co-promotoras que el evento anterior.

Además de los Seminariosomas, otros seminarios fueron promovidos por la red. En 2006, entre 8 y 10 de noviembre fue realizado el Primer Seminario Internacional Nanotecnología y los Trabajadores. Este evento tuvo lugar en San Pablo, y fue realizado en asociación con el IIEP, el Dieese (Departamento Intersindical de Estadísticas y Estudios Socio-económicos) y la Fundación Jorge Duprat Figueiredo (Fundacentro), siendo patrocinado por Finep y el MDA/Nead.

La Renanosoma organizó mesas en dos ediciones del Forum Social Mundial. En el realizado en enero de 2005, en Porto Alegre, Brasil, el tema fue Nuevas Tecnologías para un Mundo Posible: ¿Es la Nanotecnología una Nueva Solución? En el Sexto Forum Social Mundial, realizado en Caracas, Venezuela, en enero de 2006, fue realizado un Seminario Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente para un Nuevo Mundo Posible.

En mayo de 2007 tuvo lugar el Seminario Internacional Nanotecnología y *Commodities* Agrícolas y Minerales en San Pablo, conjuntamente con el Instituto Meridian de los Estados Unidos, el Grupo ETC, de Canadá, y el IEA, IIEP, Dieese y Fundacentro, de Brasil.

Además de los seminarios internacionales, la Renanosoma organizó una serie de eventos de carácter nacional, que se listan a seguir:

- Seminario Nanotecnología y la Crítica a la Tecnociencia, San Pablo, 12 de abril de 2007, en conjunto con el Departamento de Sociología de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias Humanas de la Universidad de San Pablo.
- Primer Seminario Nanotecnología, Agricultura y los Trabajadores, Fortaleza, Estado de Ceará, 9 de febrero de 2007, realizado conjuntamente con el IIEP, el Instituto Florestan Fernandes de Fortaleza/CE y la Central Única de los Trabajadores del Estado de Ceará (CUT/CE).
- Seminario Nanotecnología y Sociedad, Manaus, Estado de Amazonas, 31 de agosto y 1° de septiembre de 2006, realizado junto con la Fundación Djalma Batista.
- Seminario Envolvimiento Público en Nanotecnología, Segundo Forum Social Brasileiro, Recife, Estado de Pernambuco, 21 abril de 2006. En esta ocasión fue constituido el Comité Pró- Envolvimiento Público en Nanotecnología.

Referencias

- CNPq (Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico). (2001). Llamado CNPq Nano n° 01/2001. Ministerio de la Ciencia y la Tecnología. Brasilia. <http://www.memoria.cnpq.br/servicos/editais/ct/nanociencia.htm> Consultado enero 11, 2007.
- MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) (2006a). Relatório nanotecnologia, investimento, resultados e demandas. Brasília. http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8075.pdf Consultado enero 11, 2007.
- MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) (2006b). Dados sobre as redes do Programa nanoBrasil. Brasília. www.mct.gov.br/index.php/content/view/730.html Consultado enero 11, 2007.