

## Introducción

A partir del año 2000, los programas y fondos de investigación en nanociencia y nanotecnología (N&N) – estudio y manipulación de la materia a nivel atómico o molecular – adquieren un lugar central en las políticas de ciencia y tecnología (C&T) en muchos países.<sup>3</sup> Brasil se incorporó rápidamente a esta tendencia. Entre finales del año 2000 y 2004 tuvieron lugar las acciones clave para el desarrollo de una política activa para el área, que culminaron con la incorporación del Programa de Desarrollo de la N&N (PDN&N) en el Plan Plurianual 2004-2007 del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT).

Presentada como un campo revolucionario, la N&N llega a la arena de la política de C&T, a los medios de comunicación y al público en general a través de una serie de visiones sobre la futura sociedad nanotecnológica. Se trata de visiones revolucionarias no solamente en un sentido tecnológico, sino también en términos sociales y culturales. Incorporan, por ello, además de contenidos cognitivos, intereses, valores, ideologías y concepciones sobre la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (Grundwald *et al*, 2004, 56). Consideremos, por ejemplo, el título de un reporte preparado para el presidente Clinton: “*Nanotechnologies. Shaping the world atom by atom*” [Nanotecnologías. Modelando el mundo átomo por átomo] (NSTC, 1999). La frase se volvió un *slogan* para referirse a la nanotecnología, dando la idea de un mundo material subordinado a la voluntad humana en un grado de control y precisión sin precedentes (MacNaghten *et al*, 2005). Igualmente sugestivo es el título de otro reporte sobre tecnologías convergentes: *Converging Technologies for Improving Human Performance* [Tecnologías Convergentes para Mejorar el Desempeño Humano] (Roco & Bainbridge, 2005). Esta visión, asociada a la perspectiva transhumanista, pronostica la ampliación de las capacidades físicas y cognitivas de los seres humanos mediante dispositivos nanotecnológicos, conjugados con otras tecnologías, que podrán ser integrados al organismo. Esta convergencia hombre-máquina es presentada como el estadio más desarrollado de la cultura humana.

Estas visiones, con sus promesas, buscan demarcar y legitimar un campo de investigación emergente, asegurar financiamiento y, naturalmente, influenciar el propio curso de desarrollo de las trayectorias tecnológicas. Sin embargo, tales visiones de progreso tecnocientífico también convocan la crítica y el debate público. En el caso de N&N el debate comenzó tempranamente en los países desarrollados, siguiendo a los conflictos en torno a la biotecnología. En este contexto, varios países incluyeron en sus políticas de N&N mecanismos de información y participación pública. Así, en un terreno polémico, identificamos tanto visiones movilizadas en el sentido de crear aceptación pública y apoyo político para programas de investigación, como en el sentido de crear resistencia en relación a tecnologías y programas de investigación específicos.

Es difícil determinar el impacto preciso de una visión, o de la dinámica de contradicciones entre visiones divergentes, sobre la configuración concreta de los programas de investigación y las trayectorias tecnológicas que ellos estimulan. La *evaluación de visiones*, una herramienta que se integra a la evaluación de tecnologías, permite una aproximación a esta cuestión. Según Fiedeler *et al* (2005), el propósito de la evaluación de visiones sobre C&T es analizar el sentido, el papel, y los fundamentos, valores e intereses

---

<sup>1</sup> Este trabalho es parte del proyecto de investigación *Debates e visões sobre nanotecnologia. Análise de sua influência sobre as políticas de pesquisa e a informação pública*, financiado por la Fundação Araucária, Convênio No. 038/2007, protocolo 8662.

<sup>2</sup> Doctora en Política Científica y Tecnológica. Profesora adjunta do Sector de Educação, Universidade Federal do Paraná. Brasil. E-mail: noela@ufpr.br

<sup>3</sup> Ese año, el presidente Clinton lanzó la *National Nanotechnology Initiative* en los Estados Unidos, e inmediatamente varios países desarrollados iniciaron sus programas nacionales de N&N.

subyacentes a las visiones, para entender su influencia en el debate sobre un campo tecnológico específico.

En este artículo analizamos las visiones sobre N&N divulgadas por los científicos brasileños que investigan en ese campo para el resto de la comunidad científica a través del *Jornal da Ciência E-mail* (Diario de la Ciencia E-Mail, en adelante JC). El JC, órgano de la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia creado en 1985, es un diario de política científica y tecnológica que vehicula diariamente vía e-mail, a 14.500 subscriptos, noticias y artículos de opinión sobre C&T.<sup>4</sup> El JC publica artículos enviados por científicos, artículos elaborados por su equipo de periodistas, informaciones tomadas de, o enviadas por agencias de apoyo a la C&T y reproduce artículos relevantes sobre C&T publicadas por los principales diarios del país. En la mayoría de estos artículos, la opinión de los científicos aparece retomada por periodistas, como fuentes consultadas; en otros, los científicos firman artículos de opinión. Los subscriptores del JC son principalmente investigadores, profesores universitarios y estudiantes de pos-graduación. De esta forma, constituye un medio muy interesante para analizar cómo los científicos de determinada área presentan y legitiman su área de investigación frente a sus pares. Fueron analizados los artículos sobre N&N publicados en el JC durante los años 2002, 2003 y 2004, período clave en la estructuración de la política de N&N en Brasil.

A lo largo de estos tres años, el tema N&N aparece con creciente frecuencia en el JC. En 2002 fueron publicados 24 artículos, en 2003, 40 y en 2004, 61 artículos. Los temas abordados pueden ser consultados en la Tabla 1. En 2002 predominan los artículos que informan sobre este nuevo campo y sus aplicaciones, apoyados en relatos de investigaciones nacionales y extranjeras. En 2003 prevalece la discusión sobre la política de N&N que estaba siendo diseñada, y continúan los artículos de información general. Finalmente, en 2004, los artículos se distribuyen entre información general, discusión de políticas, infraestructura y organización de la investigación, y surge el tema de las implicaciones económicas, sociales y éticas y riesgos de la nanotecnología. Se observa también, a lo largo del período, un aumento de las informaciones sobre eventos, llamados de investigación, ferias, y conferencias sobre N&N, denotando la paulatina introducción del área en las actividades cotidianas de investigación del país.

Tabla 1  
Principal asunto abordado por los artículos

	2002	2003	2004
Información general sobre N&N y sus aplicaciones	7	5	6
Relatos de investigaciones realizadas en el exterior	4	4	2
Relatos de investigaciones realizadas en el país	2	1	3
Políticas de C&T y financiamiento para el sector en Brasil	3	12	7
Infraestructura, recursos humanos y organización de la investigación	3	0	6
Riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas	0	2	6
Subtotal de artículos	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>30</b>
Información sobre eventos, cursos, ferias, llamados, etc.	5	16	31
Total de artículos	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>61</b>

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del Diario de la Ciencia.

<sup>4</sup> El *Diario de la Ciencia* es también difundido en versión impresa, recogiendo una selección de artículos de las ediciones diarias, y enviado por correo a los socios de la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia. Ver <http://www.jornaldaciencia.org.br/index2.jsp>

En la sección 2, a seguir, presentamos un breve panorama de los eventos más importantes en la construcción de la política para N&N en Brasil con el propósito de contextualizar el análisis de las visiones sobre N&N. Examinamos luego el contenido de los artículos. Aquellos referentes a eventos, cursos, ferias, conferencias y llamados de investigación fueron excluidos del análisis cualitativo por contener solamente informaciones puntuales. Organizamos el análisis de las visiones sobre N&N en cuatro subtemas. Primeramente, en la sección 3, consideramos las visiones sobre la futura sociedad nanotecnológica, identificando las promesas de la nanociencia y la nanotecnología que están siendo difundidas. Luego, en la sección 4, indagamos en qué medida tales visiones aluden a las implicaciones económicas, sociales y éticas, así como a los potenciales riesgos asociados a estas nuevas tecnologías. En la sección 5 identificamos los actores relevantes en la divulgación de estas visiones. Finalmente, en la sexta sección, analizamos cómo ellas son utilizadas para legitimar un nuevo campo de investigación. Finalizamos el artículo con algunas reflexiones.

### **1. Conformación de la política de N&N en Brasil**

La elaboración de una política nacional para el desarrollo de la N&N en Brasil comenzó con una reunión de trabajo sobre "Tendencias en Nanociencias y Nanotecnologías" realizada en Brasilia, en noviembre de 2000, por iniciativa de la Secretaria de Políticas y Programas del Ministerio de Ciencia y Tecnología y del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). Participaron en esta reunión 32 investigadores de diversas áreas de las ciencias físico-naturales e ingenierías, que llegaron a un consenso sobre la necesidad de lanzar un programa nacional para la N&N. Fue creado un *Grupo de Articulación*, compuesto por 10 investigadores, para mapear las competencias brasileñas en N&N y elaborar una agenda (CNPq Noticias, 2000).

En abril de 2001, el *Grupo de Articulación* presentó un documento en el cual se identificaron 192 investigadores actuando en seis áreas de investigación en N&N en el país: a) Nanodispositivos, nanosensores y nanoelectrónica, b) Materiales nanoestructurados, c) Nanobiotecnología/Nanoquímica, d) Procesos en nanoescala con impactos y aplicaciones en medio ambiente y agricultura, e) Energía, e f) Nanometrología (Knobel, 2002)

Respondiendo rápidamente a las sugerencias realizadas en esas reuniones, ese mismo año el CNPq realizó un llamado a proyectos de investigación inter y multidisciplinarios para la conformación de Redes Cooperativas de Investigación Básica y Aplicada en Nanociencias y Nanotecnología, con el propósito de crear y consolidar competencias nacionales en este campo (CNPq, 2001). Se destinaron a los proyectos 3 millones de Reales (en torno de un millón de dólares, según el tipo de cambio de ese momento). Resultaron de este llamado cuatro redes de investigación: Red de materiales nanoestructurados, Red de nanotecnología molecular y de interfases, Red de nanobiotecnología y Red de nanodispositivos semiconductores y materiales nanoestructurados, incluyendo investigadores, universidades y centros de investigación de diversos estados del país.<sup>5</sup>

Además, el MCT estableció en 2002, dentro del programa *Institutos del Milenio*, un Instituto para nanociencias, en la ciudad de Belo Horizonte. Se trata de una red multidisciplinaria que liga investigadores dedicados al desarrollo de productos e innovaciones en las áreas de sensores, nanocápsulas, células foto-voltaicas dispositivos emisores de luz, nanotubos, detectores de luz en infra-rojo, así como a la investigación básica en materiales nanoestructurados (CNPq, 2007). En el mismo año también se integraron los esfuerzos de la CAPES (Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior), del Ministerio

---

<sup>5</sup> Estas 4 redes actuaron hasta octubre de 2005, cuando un nuevo llamado fue realizado por el CNPq, del cual surgieron 10 nuevas redes, articuladas en el Programa Brasil Nano.

de Educación, concediendo seis becas de doctorado en Nanotecnología en convenio con la Asociación Brasileña de Luz Sincrotrón (CAPES n/d).

La política para N&N que comienza a gestarse al final del gobierno de Fernando Henrique Cardoso (1999-2002) proponía, además, la creación en 2002 de un Centro de Referencia en Nanotecnología, vinculado al MCT. Este centro tendría la doble misión de estimular la investigación académica y promover el uso de las nuevas tecnologías por la iniciativa privada. Estas ideas constaban en el primer *Programa Nacional de Nanotecnología*, coordinado por el físico Cylon Gonçalves da Silva, profesor emérito de la Universidad Estatal de Campinas y ex director del Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón (Silva, 2003). Poco después del cambio de gobierno, este documento fue abandonado, y el montaje del laboratorio cancelado con el argumento de que tal proyecto concentraba recursos que podrían ser mejor distribuidos entre los laboratorios existentes.

Al asumir el gobierno de Luis Inácio Lula da Silva, el MCT optó por la elaboración de otro programa, bajo la responsabilidad del Dr. Fernando Galembeck, también profesor de la Universidad Estatal de Campinas. En 2003, entró en funciones el Grupo de Trabajo creado por el MCT para elaborar una propuesta de *Programa de Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología*, coordinado por Galembeck. La propuesta resultante fue sometida a consulta pública al final del año y luego incorporada al Plan Pluri Anual 2004-2007 del MCT. El financiamiento previsto para los cuatro años era de 78 millones de reales (en torno de 28 millones de dólares).

El Programa establece como objetivo desarrollar nuevos productos y procesos en nanotecnología, con el propósito de aumentar la competitividad de la industria nacional. Para ello, propone acciones de implantación y apoyo de laboratorios y redes de nanotecnología y de fomento a proyectos institucionales de Investigación y Desarrollo en N&N (MCT, n/d).

Paralelamente, en el mismo año 2004, el gobierno torna pública su Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior, en la cual considera la nanotecnología como un área "portadora de futuro", reforzando la importancia estratégica otorgada a este campo (Teixeira, 2005). Al final del año, se crea la Red Brasil Nano, como elemento vinculante entre el Programa de Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología y la Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior. En este ámbito, el CNPq lanza, el año siguiente una nueva convocatoria a redes de investigación, de la cual resultan 10 redes actualmente en funcionamiento, cuyo perfil de investigación refleja esta orientación hacia las aplicaciones industriales.

En este contexto vuelve al debate la propuesta del MCT de construcción de un Laboratorio Nacional de Micro y Nanotecnología en San Pablo, evaluado en 30 millones de reales.<sup>6</sup> Ello genera una encendida reacción de importantes científicos del área, que vieron en ello una medida centralizadora de los escasos recursos disponibles y contraria a las recomendaciones del PPA, así como un cuestionamiento del modelo de las redes cooperativas, evaluado como exitoso (*Jornal da Ciencia*, 2004a). Este debate queda, de hecho, abierto.

Finalmente, en agosto de 2005, el presidente Luiz Inácio Lula da Silva y el Ministro de C&T, Sérgio Rezende, lanzan el *Programa Nacional de Nanotecnología*, con un presupuesto de R\$ 71 millones de reales (31 400 millones de dólares) para 2005-2006. Este programa consolida varias iniciativas anteriores, fundamentalmente el programa del Plano Plurianual 2004-2007 y las orientaciones de la Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior. Estos fondos adicionales prácticamente duplican los previstos inicialmente en el Plano Pluri-anual 2004-2007 (*Jornal da Ciencia*, 2004 b; MCT, n/d).

---

<sup>6</sup> Este proyecto es nuevamente propuesto por Cylon Gonçalves da Silva, que retorna al MCT en calidad de Secretario.

## 2. Las promesas de la nanociencia y la nanotecnología

Los artículos analizados presentan las N&N como revolucionarias, usando los calificativos “revolución tecnológica”, “cambio de paradigma”, “ruptura”, “revolución industrial”. Esta revolución tendría como principal beneficio el desarrollo económico (Tabla 2). En 2004 son también destacados los beneficios de la nanomedicina para la salud y la calidad de vida, y el potencial de la nanotecnología para la preservación y remediación ambiental.

Tabla 2  
Beneficios potenciales de la investigación en N&N

	2002	2003	2004
Desarrollo económico	9	13	10
Salud y calidad de vida	1	3	11
Preservación y remediación ambiental	2	2	5
“Beneficios para la humanidad”	0	0	2
El artículo no aborda el tema	11 de 20	9 de 24	13 de 30

Nota: Es posible señalar más de una opción

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del *Diario de la Ciencia*.

En el JC, las visiones de la sociedad nanotecnológica tienden a ser más conservadoras que aquellas presentes en el debate internacional. No se habla de *ciborgs*. Se omite totalmente el polémico tema de la manufactura molecular, tal como la propone Eric Drexler (1986).<sup>7</sup> El énfasis está puesto en cuestiones menos futuristas, como la eficiencia de los nuevos productos: terapias mejor focalizadas, monitoreo permanente del cuerpo para detectar manifestaciones de enfermedad; computadores poderosísimos, ropas inteligentes y multifuncionales, y materiales más resistentes y duraderos. La Tabla 3 muestra las principales áreas de aplicación de N&N citadas: salud e informática, seguidas por nuevos productos y materiales. En la Tabla 4 sintetizamos algunos ejemplos de las visiones de eficiencia en estas áreas.

Tabla 3  
Áreas de aplicación de la N&N más citadas

	2002	2003	2004
Fármacos / prótesis /salud	10	7	10
Informática/ microelectrónica/nanoelectrónica	10	6	7
Nuevos materiales	4	4	5
Cosméticos	1	2	4
Dispositivos para procesos productivos y productos	5	3	2
Producción y almacenamiento de energía	0	1	3
Telecomunicaciones	0	2	3
Industria química y petroquímica	3	1	1
Agricultura y agroindustria	3	7	0
Nanomáquinas	3	0	0
Productos de consumo conocidos con nuevas funciones	3	6	2
El artículo no especifica áreas de aplicación	1 de 20	10 de 24	15 de 30

Nota: Es posible señalar más de una opción

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del *Diario de la Ciencia*.

<sup>7</sup> Las visiones más radicales de la nanotecnología, como la de Eric Drexler (1986), prevén la posibilidad de producir mediante máquinas moleculares capaces de auto-replicarse. Estas máquinas, advierte Drexler, podrían escapar al control humano, generando una “plaga gris” que contaminaría el planeta.

Estas visiones se sitúan en el futuro inmediato, en los próximos 10-15 años, un período para el cual se prevé una significativa expansión del mercado de nanoproductos. Este horizonte temporal condice con el énfasis puesto en más de la mitad de los artículos revisados en la viabilidad comercial y rápida disponibilidad para el uso de los resultados de las investigaciones en curso. También en ese aspecto las visiones analizadas se diferencian de las del debate internacional pues en éste las aplicaciones e implicaciones de las nanotecnología en el mediano y largo plazo son consideradas (Wood et al., 2003).

Tabla 4  
**¿Qué nos brinda la nanotecnología? Ejemplos**

2002	2003	2004
<b>Salud</b>		
Nanocomputadores navegarán dentro del cuerpo para monitorear la entrega de medicamentos	Tratamiento con nanopartículas absorbidas selectivamente por los tejidos cancerosos	Células neuronales podrán ser reconstruidas, contribuyendo a la cura de varias enfermedades hoy irreversibles
Nanomáquinas podrán actuar inclusive dentro de células vivas	Desde los filtros solares a los tratamientos para el cáncer serán más efectivos.	Nanolaboratorios serán capaces de navegar en el cuerpo humano, monitorear el surgimiento de enfermedades y tratar enfermedades mediante nanoterapias
Substitución de partes del cuerpo dañadas por partes producidas a partir de moléculas		Uso de robots ínfimos para administrar medicamentos en células específicas
<b>Informática, microelectrónica</b>		
Construcción de nanocircuitos usando materiales biológicos (propiedades bioquímicas del ADN)	Computadores más veloces, con más memoria y de menor tamaño	Computadores pequeñísimos con memoria mucho mayor
Computadores moleculares mil veces más potentes que los actuales		Computadores extremadamente rápidos y poderosos
<b>Nuevos materiales y productos con integración de nuevas funciones</b>		
Sensores anticolidión para automóviles	Tejidos de nanotubos de carbono capaces de almacenar energía, captar señales de radio o funcionar como sensores	Lentes que no se rayan Vidrios auto-limpiantes
Nuevos materiales más leves para aviones	Eliminador de olor de baño, con nanopartículas de oro	Neumáticos 16 veces más duraderos que los actuales
Vidrios y lentes que reducen la intensidad de los rayos solares	Vidrios auto-limpiantes	Ropas inteligentes, resistentes a manchas y que no se arrugan. Uniformes para soldados que los protegen de ataques biológicos.

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del Diario de la Ciencia.

### 3. Riesgos potenciales e implicaciones económicas, sociales y éticas

Los ecos del polarizado debate internacional sobre riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas de la N&N son prácticamente inaudibles entre los investigadores brasileños.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Ver, por ejemplo, Unesco (2006), Invernizzi y Foladori (2005); Wood *et al* (2003).

Asuntos como la información y la participación públicas, la evaluación de riesgos, los estudios ELSI (implicaciones éticas, legales y sociales de las tecnologías), no solamente son objeto de debate internacional, sino que se han incorporado a las políticas para el desarrollo de la N&N, con un financiamiento específico, en la mayoría de los países desarrollados. A partir de la selección de algunos tópicos que resaltan en el debate internacional, listados en la Tabla 5, procuramos mapear la importancia dada a tales cuestiones en los artículos del JC.<sup>9</sup> Solamente un tercio de los artículos se refiere a una o más de estas cuestiones, aún cuando son particularmente relevantes para un país en desarrollo como Brasil. Entre las implicaciones económicas, la que recibe mayor atención es el cambio en las condiciones de producción y competitividad.

Tabla 5  
**Riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas de las nanotecnología**

	2002	2003	2004
Cambios en las condiciones de producción y competitividad	3	5	3
Obsolescencia de tecnologías, productos y materiales	3	1	2
Deterioro de las exportaciones tradicionales	0	1	0
Transformaciones en el modo de vida	0	1	3
Mayor desigualdad social	0	1	2
Dilemas éticos	0	1	1
Riesgos para la salud y el ambiente	0	2	7
Riesgos para los trabajadores de laboratorios y la industria	0	0	1
El artículo no trata el tema	13 de 20	16 de 24	20 de 30

Nota: Es posible señalar más de una opción

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del Diario de la Ciencia, Invernizzi y Foladori (2005) y Foladori e Invernizzi (2005).

En 2003, el Grupo ETC llamó a una moratoria sobre la nanotecnología, indicando posibles riesgos a la salud y el ambiente en el Foro Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo. Este pronunciamiento generó enorme polémica; sin embargo, sólo un artículo se refirió al asunto en el JC. En 2004, dos eventos introducen el tema de los riesgos: la fundación de la Red Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente en Brasil, y la divulgación del informe de la *Royal Society* y la *Royal Academy of Engineering* (RS&RAE, 2004).

De hecho, los científicos no dialogan con voces que vienen de fuera, tales como ONGs o movimientos sociales que se han manifestado sobre riesgos e implicaciones sociales y éticas de la N&N. Las referencias a potenciales conflictos ciencia-público sobre N&N es muy escasa, lo que llama la atención pues durante ese período estaban ocurriendo en el país considerables conflictos en torno a los Organismos Genéticamente Modificados (Peláez e Schmidt, 2000).

Entre las pocas referencias a la sociedad encontramos algunas que tienden a descalificar la capacidad o la legitimidad de las ONGs para opinar sobre nanotecnología. Así, por ejemplo, un investigador reconoce que existen riesgos para la salud y el ambiente asociados a las nanopartículas. Califica estos riesgos como menores y evitables y considera necesario informar al público, para enfrentar “activistas que luchan en pro de las fantasías populares, [que] están organizándose contra este tipo de ciencia, exigiendo una moratoria” (García, 2004). Otro científico relata, al ser entrevistado, que ya existen cosméticos con

<sup>9</sup> La selección de tópicos fue realizada en base a investigaciones anteriores (Cf. Invernizzi y Foladori, 2005 y Foladori e Invernizzi, 2005).

nanopartículas en el mercado, pero las empresas no lo divulgan “para no sufrir con las ONGs” (Geraque, 2004). Es necesario notar que ambos resaltan la importancia de la divulgación científica y la información pública, pero no reconocen el derecho de los movimientos sociales de tomar posición frente a tecnologías, sus implicaciones y sus riesgos. Una pregunta pertinente, en este contexto, es: ¿la regulación ambiental estaría hoy en las agendas internacionales si los movimientos sociales no hubiesen iniciado manifestaciones sobre la polución y la depredación ambiental 40 años atrás?

#### 4. Legitimación del campo

Los científicos brasileños presentan N&N como un campo revolucionario, con un fabuloso mercado ampliándose de forma impresionante en los próximos años,<sup>10</sup> y ofreciendo un potencial enorme de beneficios. Predominan las visiones lineales de progreso. Las implicaciones sociales y riesgos son tan marginalmente considerados que no llegan a oscurecer las visiones optimistas sobre el futuro nanotecnológico. Para reforzar la legitimación del campo, los científicos refuerzan estas visiones de progreso por medio de tres argumentos: oportunidad, necesidad y viabilidad.

De forma recurrente, los científicos caracterizan N&N como un cambio de paradigma científico-tecnológico que abre al Brasil una *oportunidad* histórica. O PDN&N recoge claramente este punto de vista cuando asevera en su justificativa: “...en un inminente quiebre de paradigmas impuesto por la nanociencia y nanotecnología (N&N), estamos frente a una oportunidad única para ingresar en la nueva era al mismo tiempo que los países desarrollados...” (MCT, 2003: 8). De la oportunidad surge la *necesidad* de desarrollar políticas agresivas e invertir recursos pues, si no se lo hace, con tantos países invirtiendo aceleradamente, Brasil corre el riesgo de quedar fuera del nuevo paradigma. Metáforas como “no podemos perder el tren, la onda, el *jet* de las nanotecnologías” son bastante utilizadas.

En el año 2003, momento en que se diseña el PDN&N, el argumento de la *capacidad* nacional pasa a ser muy destacado en los artículos. Se argumenta que las redes cooperativas de investigación en N&N, creadas a partir del llamado del CNPq en 2001, nuclearon recursos humanos altamente calificados y productivos capaces de impulsar al Brasil a conquistar nichos del promisorio mercado de nanoproductos. El mayor obstáculo para ello es, según los científicos, la insuficiencia de recursos para ampliar la infraestructura y el cuadro de investigadores.

Llama la atención que, en plena discusión de la Ley de Innovación,<sup>11</sup> la relación entre la capacidad de investigación en nanociencias y la capacidad de innovación por parte del sector productivo haya sido tan poco discutida por los científicos. Esta no es una cuestión menor, una vez que las metas del PDN&N, así como el discurso de los científicos están finamente calibrados en la fundamentación de la necesidad de apoyar la investigación en N&N en Brasil: se trata de aumentar la competitividad nacional (cf. Tabla 6). Objetivos tales como autonomía tecnológica, desarrollo sostenible y atender las necesidades sociales nacionales son muy escasamente utilizados para legitimar el área de investigación.

---

<sup>10</sup> Lux Research (2006) estima el mercado de productos que contienen nanocomponentes para 2015 en 2.900.000 millones de dólares (US\$ 2.9 X10<sup>12</sup>).

<sup>11</sup> La Ley de Innovación, aprobada en diciembre de 2004, propone varios mecanismos para estimular la hasta ahora escasa relación entre las instituciones de investigación y el sector productivo.

Tabla 6  
**Principales razones que justifican el soporte de la investigación en N&N**

	2002	2003	2004
Aumentar la competitividad para entrar en el mercado internacional de nanoproductos	6	7	6
N&N es un campo estratégico. Brasil no puede quedar desfasado.	3	2	3
Formar recursos humanos calificados	0	2	2
Atender necesidades sociales nacionales	0	1	0
Ganar autonomía tecnológica	0	0	1
Contribuir al desarrollo sostenible	0	0	1
El artículo no aborda el tema	12(de 20)	12(de 24)	21 (de 31)

Nota: Es posible señalar más de una opción

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del Diario de la Ciencia.

### 5. Actores relevantes

Dentro de la comunidad científica que investiga en el área de N&N hay actores que tienen un papel destacado en la promoción de determinadas visiones sobre nanotecnología. Los científicos más citados en el JC son, con destaque, los físicos, como puede ser observado en la Tabla 7. Es notable también que los científicos vinculados a este campo posean el perfil identificado como “de excelencia” en la investigación nacional, perfil este que es el producto de las inversiones realizadas en el país desde la década de 1970 para el desarrollo de recursos humanos calificados. Estos científicos se doctoraron en las más destacadas universidades del país y del exterior y realizaron visitas de pos-doctorado e investigación en prestigiosas universidades y centros de investigación extranjeros. Actúan, en su mayoría, en universidades e instituciones de investigación del estado de San Pablo, donde se concentra la infraestructura nacional de investigación. En otras palabras, los científicos más activos en divulgar las visiones sobre N&N son la elite de la comunidad científica nacional.

Solamente cuatro científicos sociales son citados, o son autores de artículos, demostrando al mismo tiempo la escasa atención prestada a los aspectos económicos, sociales y éticos vinculados al desarrollo de N&N en la discusión nacional, y también la exigua familiarización de los científicos sociales brasileños con la ya desatada revolución nanotecnológica.

Tabla 7

**Perfil académico de los investigadores citados o autores de los artículos**

	2002	2003	2004	Total
Área predominante de formación: Física	9	12	9	30
Área predominante de formación: Química	0	4	5	9
Área predominante de formación: Ingeniería	1	3	4	8
Área predominante de formación: Farmacéutica, bioquímica, medicina	3	1	2	6
Área predominante de formación: Cs. Sociales, Humanas, Sociales Aplicadas	1	1	2	4
Pos-Doctorado y otras estadías de investigación en el exterior	10	16	12	38
Doctorado en el exterior	7	10	10	27
Maestría en el exterior	1	1	0	2
Doctorado en el país	6	11	11	28
Maestría en el país	11	12	14	37
Actúa en Universidades o Centros de Investigación del Estado de San Pablo	8	11	13	32
Actúa en Universidades o Centros de Investigación de Río de Janeiro, Minas Gerais, y Región Sur	0	4	4	8
Actúa en Universidades o Centros de Investigación de los Estados del Nordeste	3	5	5	13
Actúa en Universidades o Centros de Investigación de otros estados	1	1	0	2
Investigadores vinculados a empresas	1	0	0	1
Total de investigadores citados y autores	12	20	25	57
Sin información sobre investigadores	0	2	3	5

Fuente: Elaborado por la autora en base a informaciones tomadas del Diario de la Ciencia y de la base de Currículos Lattes de CNPq (<http://lattes.cnpq.br/index.htm>).

**Comentarios finales**

La definición de una política nacional para la N&N fue legitimada por la elite de la comunidad científica, ante el resto de la comunidad científica, por medio de visiones de progreso, eficiencia y competitividad. De acuerdo con tales visiones, Brasil se encuentra frente a un viraje tecnológico histórico que no puede dejar de enfrentar.

Estas visiones se asocian con una perspectiva lineal de progreso, según la cual la inversión en ciencia y tecnología, transformada luego en innovación, tendrá como resultado mayor competitividad y desarrollo económico, lo cual, por su vez, conducirá al bienestar social.

Esta perspectiva mecanicista que considera una tecnología más eficiente y un país más competitivo suficientes para generar bienestar social para todos es cuestionable en un país tan desigual como Brasil. De hecho, por un lado, la desigualdad ha venido aumentando globalmente junto al impresionante desarrollo tecnológico de las últimas décadas (PNUD, 2005, Invernizzi y Foladori, 2005). Por otro lado, una revolución tecnológica del tenor de la que se anuncia será fuertemente desestabilizadora de las condiciones económicas y sociales, y sus efectos serán más adversos para los sectores sociales más vulnerables.

En el debate internacional sobre N&N se ha enfatizado la necesidad democratizar las decisiones sobre N&N para influir el desarrollo de esta trayectoria tecnológica. El objetivo es democratizar sus beneficios, limitar y regular sus riesgos y enfrentar sus implicaciones económicas, sociales y éticas. Pero los científicos que están desarrollando la N&N en Brasil

son bastante refractarios a la introducción de nuevos actores sociales en la discusión. Esto puede conducir a la emergencia de conflictos ciencia-sociedad en torno a la nanotecnología.

La reconfiguración de las relaciones ciencia-sociedad en dirección de una mayor participación pública es aún muy reciente y bastante restringida a los países más avanzados (Invernizzi, 2005). Por cierto, la mayoría de los científicos no fue formada en este paradigma de mayor aproximación ciencia-sociedad. Avanzar en ese sentido requiere una mayor interacción entre científicos de las áreas físico-naturales y científicos sociales en la reflexión sobre las políticas de investigación del país. Requiere, así mismo, incorporar nuevos actores sociales al diálogo, actores que sin duda representan intereses específicos, como es normal en el juego democrático.

Las políticas de N&N de los países desarrollados incluyen diversos mecanismos de participación pública. Brasil precisa sumarse a esa tendencia en tanto condición necesaria para orientar democráticamente el desarrollo de las nanotecnologías a las necesidades sociales del país, teniendo el principio de precaución como guía frente a potenciales riesgos y la evaluación de las implicaciones económicas, sociales y éticas como referencia para la elaboración concomitante de políticas que enfrenten potenciales problemas en esas áreas.

## Referencias

CAPES (n/d). Coordenadoria de Programas Especiais. Programa Nacional de Nanotecnologia na Capes.

[http://www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/Historico\\_Nanotecnologia.pdf](http://www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/Historico_Nanotecnologia.pdf)

Consultado enero 5, 2006.

CNPq (2001). Editais e Resultados. Edital CNPq Nano nº 01/2001.

<http://www.cnpq.br/servicos/editais/ct/nanociencia.htm>. Consultado, agosto 30, 2005.

CNPq (2007). Institutos do Milênio.

<http://portal.cnpq.br/programasespeciais/milenio/projetos/2005/05.htm> Consultado septiembre 30, 2007.

CNPq Noticias. (2000). Reunião de Trabalho "Tendências em Nanociências e Nanotecnologias". Uma iniciativa da Secretaria de Políticas e Programas do MCT e do CNPq. Brasília, 22 de Novembro de 2000.

[http://www.cnpq.br/noticias/noticia05\\_040401.htm](http://www.cnpq.br/noticias/noticia05_040401.htm) Consultado octubre 10, 2005.

Drexler, Eric. (1986). *Engines of Creation*. Anchor Books,

<http://www foresight.org/EOC/Engines.pdf> Consultado abril 3, 2007.

Fiedeler, Ulrich; Grundwald, Armin & Coenen, Christopher (2005). Vision Assessment in the field of nanotechnology. A first approach. Conference "Imaging NanoSpace,

Bielefeld, 11. – 14 de maio. [http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/fiua05a\\_abstract.pdf](http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/fiua05a_abstract.pdf)

Consultado marzo 9, 2007.

Foladori, Guillermo & Invernizzi, Noela. (2005). Nanotechnology in its socio-economic context. *Science Studies* 18 (2), 67-73.

Garcia, Eloi S. (2004). Nanociência: contribuição para o debate! *Jornal da Ciência* 2473, 01 de Março de 2004 (Artículo enviado por el autor).

<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=22918> Consultado marzo 2, 2007.

Geraque, Eduardo (2004). O mundo nano não é ficção (entrevista a Henrique Toma, do Instituto de Química da USP). *Jornal da Ciência* 2641, 5 de novembro de 2004.

<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=22918> Consultado marzo 23, 2007.

Grundwald, Armin (2004). Vision Assessment as a New Element of the FTA Toolbox. *New horizons and challenges for future-oriented technology analysis*. Proceedings of the EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment, Sevilla, 13-14 May.

<http://www.jrc.es/projects/fta/papers/Session%204%20What%27s%20the%20Use/Vis>

- [ion%20Assessment%20as%20a%20new%20element%20of%20the%20FTA%20toolb ox.pdf](#) Consultado marzo 14, 2007.
- Invernizzi, Noela (2005). Participación Ciudadana en Ciencia y Tecnología. Algunas Reflexiones sobre el Papel de la Universidad Pública. *Alteridades*, 29, 37-44.
- Invernizzi, Noela & Foladori, Guillermo (2005). Nanotechnology and the Developing World: Will Nanotechnology Overcome Poverty or Widen Disparities? *Nanotechnology, Law and Business*, 2 (2), 2-11.
- Jornal da Ciência (2004a). Cientistas questionam criação de Instituto de Nanotecnologia. JC e-mail 2574, de 29 de Julho de 2004.  
<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=20387> Consultado octubre 16, 2007.
- Jornal da Ciência (2004b). Lula lança novo programa nacional de nanotecnologia. JC e-mail 2838, de 22 de Agosto de 2005.
- Knobel, Marcelo (2002). Nanoredes. *Comciencia* REportagens Nanociencia e Nanotecnologia. <http://comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano11.htm> Consultado octubre 10, 2005.
- Lux Research (2005). Nanotechnology's Environmental, Health, And Safety Risks can be addressed responsibly today. Press Release June 15, 2005.  
[http://www.luxresearchinc.com/press/RELEASE\\_EHS.pdf](http://www.luxresearchinc.com/press/RELEASE_EHS.pdf) Consultado junio 16, 2005.
- Lux Research (2006). *The Nanotech Report*, 4th Edition. New York: Lux Research Inc.
- Macnaghten, Phil; Kearnes, Matthew & Wynne, Brian (2005). Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What role for the Social Sciences? *Science Communication* 27 (2), 1-24.
- MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) (n/d). Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007. [http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/prog\\_nanotec.pdf](http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/prog_nanotec.pdf) Consultado enero 05, 2006.
- MCT (Ministério de Ciência e Tecnologia). (2003). 'Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº. 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007'. [http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/prog\\_nanotec.pdf](http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/prog_nanotec.pdf) Consultado julio 12, 2005.
- MCT (n/d). O programa Nacional de Nanotecnologia.  
<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137.html>, Consultado octubre 10, 2007.
- NSTC (National Science and Technology Council) (1999) *Nanotechnology: Shaping the World Atom by Atom*. Washington JC.  
<http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Public.Brochure/> Consultado junio 23, 2007.
- Pelaez, Víctor & Schmidt, Wilson (2000). A difusão dos OGM no Brasil: imposição e resistências *Estudos Sociedade e Agricultura*, 14, 5-31.
- PNUD (Programa de las naciones Unidas para el Desarrollo). (2005). *Human Development Report*. [http://hdr.undp.org/reports/global/2005/pdf/HDR05\\_complete.pdf](http://hdr.undp.org/reports/global/2005/pdf/HDR05_complete.pdf) Consultado septiembre 13, 2005.
- Roco, Mihail. C. & Bainbridge, William. S. (editors). (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. NSF/DOC-sponsored report. Arlington: National Science Foundation. <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/> Consultado marzo 14, 2007.

- RS&RAE / Royal Society & The Royal Academy of Engineering. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. London: The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. [www.royalsoc.ac.uk/policy](http://www.royalsoc.ac.uk/policy) [www.raeng.org.uk](http://www.raeng.org.uk) Consultado febrero 12, 2005.
- Silva, Cylon G. da (2003). O programa de Nanotecnologia e o Centro Nacional de Referencia em Nanotecnologia, LNLS. [http://www.lnls.br/info/programaNano\\_a.pdf](http://www.lnls.br/info/programaNano_a.pdf) Consultado enero 10, 2005.
- Teixeira, Mônica (2004). Grupo de Trabalho apresenta projeto para um Programa Nacional de Nanotecnologia; implantação custaria R\$ 130 milhões em 2005. Inovação Unicamp 16 de dezembro 2004. <http://www.inovacao.unicamp.br/report/entre-cylonnanotec.shtml> Consultado febrero 12, 2005.
- UNESCO (2006). The Ethics and Politics of Nanotechnology. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951e.pdf> Consultado noviembre 20, 2006.
- Wood, Stephen; Jones, R. y Geldart, Alison. (2003). *The social and economic challenges of nanotechnology*. Economic and Social Research Council. UK. [http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Nanotechnology\\_tcm6-5506.pdf](http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Nanotechnology_tcm6-5506.pdf) Consultado septiembre, 20, 2004.