

NANOTECNOLOGÍA EN LOS MEDIOS: ¿QUÉ INFORMACIÓN LLEGA AL PÚBLICO?*

NOELA INVERNIZZI**

CIBELE CAVICHIOLO***

RESUMEN

En este artículo analizamos la información divulgada al público brasileño sobre nanociencia y nanotecnología, un campo científico tecnológico emergente que ha ganado rápida legitimidad, carácter estratégico y significativas inversiones públicas en investigación en el país. Examinamos un diario y tres revistas semanales de información general, centrándonos en sus secciones de noticias sobre ciencia y tecnología, y dos revistas especializadas en divulgación científica. El período analizado es 2002-2007. El mapeo de la información fue realizado a partir de las siguientes variables: a) contenido general de la información; b) uso de fuentes de información; c) caracterización de la nanotecnología; d) caracterización de las visiones sobre nanotecnología (promesas futuras); e) implicaciones sociales y riesgos; f) consideraciones sobre la relación ciencia sociedad. Los resultados muestran una escasa divulgación de información que contrasta con el carácter estratégico otorgado a este campo en las políticas brasileñas de ciencia y tecnología en la política industrial. La información disponible se caracteriza por el énfasis en las visiones optimistas sobre la nanotecnología, a través de promesas como productos más eficientes e “inteligentes”, avances impresionantes en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, una segunda revolución informática y desarrollo económico, entre otras. Las promesas de los científicos tienden a ser magnificadas en los textos periodísticos en títulos, destacados o figuras con tonos futuristas. La divulgación de aspectos controversiales es escasa. Por un lado, los textos no aluden a los debates internos en el campo de la nanotecnología. Por otro, las promesas son raramente enturbiadas por efectos no deseados, riesgos, implicaciones sociales o dilemas éticos vincu-

* Este trabajo expone resultados de investigación del proyecto “Debates y visiones sobre nanotecnología. Análisis de su influencia en las políticas de investigación y la información pública”, financiado por la Fundación Araucaria del Estado de Paraná, Convenio N° 038/2007, protocolo 8662. La investigación también contó con recursos del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPQ) mediante beca de Iniciación Científica.

** Profesora del Sector de Educación, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. Coordinadora de la Red Latinoamericana Nanotecnología y Sociedad.

*** Estudiante de Ciencias Sociales, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. Becaria de Iniciación Científica, CNPQ.

lados a tales tecnologías. La información sobre riesgos de la nanotecnología es deficiente y ambigua.

PALABRAS CLAVE: NANOCIENCIA, NANOTECNOLOGÍA – DIVULGACIÓN CIENTÍFICA – PRENSA ESCRITA – VISIONES TECNOCIENTÍFICAS

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es frecuentemente presentada como la próxima revolución tecnológica, con un potencial de aplicación en los más variados sectores productivos. Diversos objetos ya disponibles en el mercado incorporan esta nueva tecnología y se estima que la venta mundial de productos conteniendo nanotecnología superará los 500 mil millones de dólares en el año 2010, y crecerá hasta alcanzar entre 2,6 y 2,9 billones de dólares en 2015 (Científica, 2007; Lux Research, 2006; Baker y Aston, 2005).¹

Las inversiones públicas y privadas destinadas a investigación y desarrollo en nanociencia y nanotecnología han ido aumentando significativamente en los últimos años, alcanzando globalmente a los 12,4 billones de dólares americanos en 2006 (Lux Research, 2006). Sin embargo, junto al entusiasmo por estas tecnologías, comienzan también a manifestarse preocupaciones sobre sus posibles riesgos y sobre las implicaciones sociales que un cambio tecnológico tan radical podría traer consigo.

En América Latina, Brasil ha sido pionero al lanzar el primer programa nacional para el fomento de la nanociencia y nanotecnología. Ya a finales del año 2000, mientras Estados Unidos elaboraba su Nacional Nanotechnology Initiative, el Consejo Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPQ) comenzó a articular una política para el sector. En 2001, fueron creadas las primeras cuatro redes de investigación congregando investigadores de varias universidades. En 2004, el Ministerio de Ciencia y Tecnología incluyó en su Plan Plurianual 2004-2007 un Programa de Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología. Al mismo tiempo, la Política Industrial y de Comercio Exterior adjudicó a la nanotecnología carácter estratégico para el desarrollo de la innovación y competitividad del país. A partir de 2005, estas acciones se consolidaron en el Programa Nacional de Nanotecnología. Los grupos de investigación han ido aumentando desde entonces, con diez redes de investigación financiadas por el CNPQ, responsables de una creciente producción científica en el área (Invernizzi, 2008; Martins *et al.*, 2007).²

¹ Estas proyecciones han recibido cuestionamientos. Véase, por ejemplo, Berger (2007).

² El físico Cylon G. da Silva sostiene que mientras la participación brasileña en la producción

Entre 2001 y 2007, Brasil invirtió R\$ 150 millones (en torno de US\$ 83 millones) en nanotecnología a través de las acciones del Programa Nacional de Nanotecnología, de los Fondos Sectoriales, de financiamiento a proyectos de investigación y de subvención económica a empresas (Agencia Brasil, 2007).

En este artículo analizamos la información divulgada al público sobre este emergente campo científico tecnológico que ha ganado rápida legitimidad, carácter estratégico y significativas inversiones públicas en investigación en el país; examinamos algunos vehículos de la prensa escrita, incluyendo un diario y tres revistas semanales de información general, centrándonos en sus secciones de noticias sobre ciencia y tecnología, y dos revistas especializadas en divulgación científica.

El diario *Folha de S. Paulo* es el más vendido del país. Publica diariamente la sección *Folha Ciência*, con el propósito de ofrecer información sobre “los últimos descubrimientos e investigaciones más recientes e importantes en Brasil y el mundo, dando especial atención al didactismo y al uso de recursos visuales para explicar asuntos complejos”.³ Las tres revistas semanales escogidas –*Veja*, *Época* e *Isto É*–⁴ son las de mayor circulación en el país. Todas ellas poseen secciones en las que tratan asuntos de ciencia y tecnología y en algunas ocasiones, les dedican reportajes centrales. Finalmente, seleccionamos las dos revistas de divulgación científica más disponibles en los quioscos, *Galileu* y *Super Interessante*.⁵ Ambas pueden ser caracterizadas, por su lenguaje y forma de exposición del contenido, como revistas de divulgación para el público general. Son publicadas mensualmente y se proponen llevar al público las novedades en ciencia, tecnología, salud, ambiente e historia.

El período de búsqueda de la información fue 2002-2007. Este período corresponde con el desarrollo de actividades sistemáticas de promoción del desarrollo de la nanotecnología en Brasil.

El mapeo de la información fue realizado a partir de un conjunto de variables expuestas a seguir: a) contenido general de la información; b) uso de fuentes de información; c) caracterización de la nanotecnología; d) caracterización de las visiones sobre nanotecnología (promesas futuras); e) implicaciones sociales y riesgos; f) consideraciones sobre la relación entre ciencia y sociedad.⁶

científica global es 1,44%, la participación en el campo específico de nanotecnología es el doble, llegando a 2,9% (entrevista realizada por Teixeira, 2004).

³ *Folha de S. Paulo*: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/conheca/cadernos_diarios.shtml>.

⁴ *Veja*: <<http://veja.abril.com.br/index.shtml>>; *Isto É*: <<http://www.terra.com.br/istoel/>>; *Época*: <<http://revistaepoca.globo.com/>>.

⁵ *Galileu*: <<http://revistagalileu.globo.com/>>; *Super Interessante*: <<http://super.abril.com.br/revista/>>.

⁶ También fue relevada la información concerniente a la situación y potencialidades de la nanotecnología en Brasil divulgada por las revistas y el diario, pero ese tema no será desarrollado en este artículo.

Nos interesa evaluar la cantidad y el contenido de la información sobre nanotecnología que llega al público. ¿De qué forma estas nuevas tecnologías son presentadas? ¿Qué promesas y visiones de una futura “sociedad nanotecnológica” son más comunes? ¿Cómo se presenta la ciencia y sus relaciones con la sociedad? ¿Son frecuentes las perspectivas distópicas?⁷ ¿Se alude a riesgos y a implicaciones sociales de las nanotecnologías? Entendemos la información sobre ciencia y tecnología y la divulgación científica realizadas por la prensa como una modalidad de educación informal y no formal respectivamente que contribuyen a la formación de los ciudadanos para que estos puedan posicionarse, opinar y participar en las decisiones sobre ciencia y tecnología (Korbes, 2008; Marandino *et al.*, 2004).

En la primera sección de este artículo, analizamos la frecuencia de las informaciones sobre nanotecnología en estos medios, los asuntos más abordados y la forma en que estas tecnologías son presentadas a los lectores. La segunda sección, dividida en dos partes, está dedicada a examinar las visiones de futuro asociadas a la nanotecnología. En la primera parte, mostramos cómo son traducidas al público, por los medios, las promesas y utopías divulgadas por los científicos que investigan en nanotecnología. En la segunda parte de esta sección, analizamos en qué medida los medios incluyen informaciones sobre controversias en torno a este campo tecnocientífico y sobre debates que envuelven también actores no científicos a propósito de sus posibles riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas. Cerramos el artículo con algunas reflexiones finales.

LA NANOTECNOLOGÍA EN LA INFORMACIÓN PÚBLICA

El carácter estratégico otorgado a la nanotecnología en la política de ciencia, tecnología e innovación y en la política industrial brasileñas contrasta con la escasa información sobre estas tecnologías disponible al público, inclusive aquel activamente interesado en las secciones de información sobre ciencia y tecnología de diarios y revistas y en revistas de divulgación científica. Durante el período analizado, fueron trazadas en el país las principales medidas de política para el desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías, con considerable inversión de fondos públicos. El aumento de las inversiones globales fue expresivo y los

⁷ El término distopía ha sido bastante utilizado en la discusión sobre las implicaciones sociales de la nanotecnología, frecuentemente asociado a posiciones tecnopesimistas. En este artículo, nos referimos a distopía como la visión de una sociedad en la cual las condiciones de vida son adversas, sea por la pobreza, opresión, violencia, enfermedad o polución (<<http://en.wikipedia.org/wiki/Dystopia>>).

primeros productos conteniendo nanotecnología llegaron al mercado. Fue también un período durante el cual se comenzó a debatir internacionalmente tanto el potencial económico de estas nuevas tecnologías, su capacidad para auxiliar el cumplimiento de las metas del milenio, como también sus implicaciones para la sociedad y sus posibles riesgos. Ocurrieron las primeras manifestaciones públicas de preocupación e inclusive un pedido de moratoria sobre la nanotecnología realizado por el Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración (ETC). Tales eventos se reflejaron de forma muy tenue en la información pública.

Los medios de información analizados tienen diversa periodicidad: mensual, semanal y diaria. Considerando la media anual de artículos publicados, la sección Ciencia del diario *Folha de S. Paulo* es la que ha dado mayor atención al asunto, publicando en torno de ocho artículos anuales.⁸ Entre las revistas de divulgación, *Galileu* dio mayor cobertura que *Super Interessante*, pero ninguna llegó a la media de un artículo por año. Finalmente, entre las revistas semanales, *Época* fue la única en llegar a la media de un artículo por año (cuadro 1).

Cuadro 1. Número de artículos sobre nanotecnología en los medios analizados, 2002-2007

Año	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
2002	7	1	0	0	0	0
2003	9	1	0	0	0	0
2004	11	2	1	1	0	1
2005	8	0	1	1	2	1
2006	6	0	0	0	1	2
2007	8	1	0	0	1	2
Total de artículos	49	5	2	2	4	6
Artículos/año	8.2	0.8	0.3	0.3	0.7	1

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

⁸ Nuestro relevamiento se basa únicamente en la sección Ciencia, pero el diario *Folha de S. Paulo* publicó también artículos sobre nanotecnología en otras secciones temáticas, como las secciones Dinero, Cotidiano, etc. (Amorim, 2008).

Al considerar los temas abordados, encontramos algunas especificidades en los distintos medios examinados. En la sección Ciencia de *Folha de S. Paulo*, predomina el relato de investigaciones extranjeras con el propósito de informar al lector sobre las últimas tendencias de la investigación (véase cuadro 2). Son generalmente textos cortos sobre asuntos bastante específicos, y con frecuencia basados directamente en publicaciones científicas. Las dos revistas de divulgación presentaron artículos más extensos, llegando algunos a las diez páginas, con enfoques más amplios orientados a informar qué es la nanotecnología y cuáles son sus principales aplicaciones actuales o futuras. Las revistas semanales, por su parte, dedicaron espacios muy variables al tema, desde pequeñas notas hasta artículos largos. Es bastante notorio que, aun en artículos que caracterizan de manera general el campo de la nanotecnología y sus aplicaciones, estas revistas ponen el acento en mostrar avances concretos, presentando productos que ya están en el mercado, o relacionando investigaciones con futuras aplicaciones. Solamente el diario publicó artículos com-

Cuadro 2. Principal asunto abordado en los artículos sobre nanotecnología en los medios analizados, 2002-2007

Asuntos tratados en los artículos	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Información general sobre nanotecnología y sus aplicaciones	2	4	2	2	1	3
Relatos de investigaciones extranjeras	20	0	0	0	2	0
Relatos de investigaciones brasileñas	8	0	0	0	0	0
Políticas de C&T y financiamiento en Brasil	6	0	0	0	0	0
Riesgos e implicaciones económicas, sociales, legales y éticas de las nanotecnologías	10	1	0	0	0	1
Empresas, productos y mercados	2	0	0	0	3	2
Otros	1	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

pletamente dedicados a exponer investigaciones nacionales o a informar sobre las políticas y condiciones para el desarrollo de la nanotecnología en Brasil. Sin embargo, aunque el foco general del artículo sea otro, es frecuente la inclusión de opiniones y perspectivas de científicos nacionales en todos los medios considerados.

Los artículos analizados son presentados con un lenguaje claro, utilizando con frecuencia recursos didácticos como cuadros explicativos o esquemas. Suelen incorporar fotografías llamativas, algunas para reforzar la realidad de la nanotecnología mediante imágenes de productos cotidianos, como refrigeradores o cosméticos que incorporan esta tecnología y ya están disponibles en el mercado, y otras de tono más futurista, como pequeños robots que transitan entre células sanguíneas.

Aunque ocasionalmente *Folha de S. Paulo* reproduzca textos tomados de otros diarios o revistas, los artículos analizados son escritos mayormente por periodistas de los propios medios especializados, en su práctica profesional, en asuntos de ciencia y tecnología.⁹ Estos periodistas recurren preponderantemente a los científicos extranjeros como fuentes de información, sea directamente, mediante entrevistas o a través de sus publicaciones, y en segundo lugar a los científicos nacionales. Mientras el diario se basa casi exclusivamente en fuentes científicas, las revistas de divulgación y semanales hacen uso de fuentes más diversificadas, incluyendo fuentes no científicas como ONG, activistas o políticos que expresan opiniones sobre nanotecnología, y empresas, al presentar productos con nanotecnologías que están en el mercado (cuadro 3).

La forma más común de presentar la nanotecnología al público es haciendo referencia a la escala nano, como manipulación de átomos y moléculas en escala de 1 a 100 nanómetros (cf. cuadro 4). Mediante comparaciones, dibujos y metáforas, los periodistas ayudan al lector a situarse en una escala tan pequeña. Esta definición es, por cierto, muy genérica. Menos frecuente y más específica es la definición de nanotecnología como construcción de materiales, máquinas y dispositivos en escala molecular. La definición más radical propuesta por Eric Drexler (1986), que concibe la nanotecnología como manufactura molecular, está prácticamente ausente en el conjunto de artículos. En un estudio previo de la información sobre nanotecnología en la *Folha de S. Paulo*, Amorim (2008) ya había verificado la desaparición paulatina de esta definición que, como veremos más adelante, convoca la polémica, prefiriéndose definiciones más formales, centradas en la escala. Como puede observarse en el cuadro 4, muchos artículos de *Folha de S. Paulo* no contenían una definición de nanotecnología. Ello responde a la modalidad ya señalada de presentar avances de investigación en campos específicos, en los que la nanotecnología ya se asume como algo conocido por el lector.

⁹ Ello no implica que todos tengan una formación académica en periodismo científico o en divulgación científica.

Cuadro 3. Fuentes utilizadas en los artículos sobre nanotecnología en los medios analizados, 2002-2007

Fuentes de información utilizadas en los artículos	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Investigadores brasileños	18	4	1	2	2	2
Investigadores extranjeros	29	2	2	2	2	4
Agencias de C&T del gobierno	1	0	0	0	0	0
ONG, público, activistas, políticos	6	1	1	1	0	2
Empresas	1	0	1	1	1	3
No especificado	1	1	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Puede constar más de una fuente para cada artículo.

Cuadro 4. Definición de nanotecnología ofrecida en los medios analizados, 2002-2007

Definición de nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Manipulación átomos y moléculas en escala de 1-100 nm	11	2	1	2	2	6
Construcción de materiales, máquinas y dispositivos del tamaño de moléculas	11	3	1	0	1	0
No específica	27	0	0	0	1	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Esa especificidad de los artículos del diario también explica que la nanotecnología sea más frecuentemente descrita como ciencia de punta o nueva tecnología, en la medida en que se presentan los últimos avances en áreas de investigación puntuales, mientras que las revistas de divulgación y semanales, al considerar de forma más amplia la nanotecnología y sus aplicaciones, tienden a caracterizarla como revolución tecnológica (cuadro 5). Ello se manifiesta también en los titulares más austeros del diario, que indican un acompañamiento de la ciencia paso a paso, frente a los títulos más provocativos de las revistas, que buscan captar la atención del lector denotando una revolución tecnológica.

Cuadro 5. Presentación de la nanotecnología ofrecida en los medios analizados, 2002-2007

Presentación de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de Divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Revolución tecnológica (ruptura de paradigmas, revolución industrial...)	6	4	2	2	1	3
Ciencia y tecnología de punta, nueva tecnología	30	1	0	0	3	3
No específica	13	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

VISIONES SOBRE LA FUTURA SOCIEDAD NANOTECNOLÓGICA

Al presentar la nanotecnología como un campo revolucionario, o como ciencia y tecnología de punta, al enfatizar su potencial de desarrollo futuro, al mostrar figuras y fotografías de artefactos futuristas y al comparar investigaciones con tramas de ciencia ficción, los artículos no se limitan a presentar *solamente* avances científicos y tecnológicos. Exponen *visiones* sobre la futura sociedad nanotecnológica y, a veces, nos llevan a pensar que ya estamos adentrándonos en ese futuro. Usamos el término visiones para designar, de acuerdo con Grundwald (2004: 53), aquellas perspectivas de medio y largo plazo que surgen asociadas a la emergencia de nuevos campos científico-tecnológicos. Tales visiones se desdoblan en un abanico desde las

llamadas *guiding visions*, próximas a desarrollos tecnológicos concretos, no realizados aún pero con buena evidencia de que son realizables, hasta las visiones utópicas (o distópicas), de carácter más especulativo e inclusive próximas a la ciencia ficción, que no cuentan con evidencias sobre la posibilidad de su realización. Así, las visiones no describen hechos, pero tampoco son puras ficciones. Son, en realidad, híbridos entre hechos y ficciones que, además de contenidos cognitivos, están preñadas de intereses, valores, ideologías y concepciones sobre la relación ciencia, tecnología y sociedad. Por ello, como argumenta Grundwald (2004: 59), las visiones del futuro tecnocientífico son revolucionarias no solamente en un sentido tecnológico, sino también en términos sociales y culturales.

Cuando emerge un nuevo campo de investigación, las visiones de futuro, portando una serie de promesas, se orientan a demarcar y legitimar el campo, asegurar su financiamiento, ganar apoyo público y, naturalmente, influenciar el curso de desarrollo de las propias trayectorias tecnológicas. Estas visiones surgen y se difunden entre los propios científicos y los formuladores de políticas de investigación, y son retomadas y divulgadas por los medios de comunicación.

Entretanto, las visiones de progreso tecnocientífico también generan críticas y debate público, alimentadas por percepciones o evidencias sobre posibles riesgos o por temores frente a transformaciones en los modos de vida asociados a las nuevas tecnologías. Surgen, a veces, visiones distópicas. En las últimas décadas, actitudes públicas de resistencia se han contrapuesto a tecnologías poderosas como la nuclear, los alimentos genéticamente modificados (OGM) y la manipulación genética humana. En el caso de la nanotecnología, los debates sobre sus riesgos para la salud y el ambiente y sus implicaciones económicas, sociales y éticas comenzó tempranamente, particularmente en Europa y Estados Unidos (Wood *et al.*, 2003; Moor y Weckert, 2004; Salamanca Buentello, 2005; Invernizzi y Foladori, 2005; Meridian Institute, 2005, 2007; Unesco, 2006, 2007). Algunas organizaciones ambientalistas de consumidores y de trabajadores vienen participando activamente en este debate.

De esta forma, identificamos tanto visiones movilizadas en el sentido de crear aceptación pública de la nanotecnología y apoyo para el desarrollo de la investigación, como visiones que promueven la resistencia a estas tecnologías, o reivindican un desarrollo diferente de las mismas, o exigen que se tomen medidas preventivas o compensatorias para enfrentar los problemas o riesgos sociales asociados a su desarrollo. En la medida que la información brindada por los medios es un factor decisivo en la toma de posición de las personas y grupos sociales sobre la nanotecnología, consideramos relevante analizar las visiones sobre nanotecnología que están siendo difundidas a través de ellos y sus posibles divergencias y contradicciones. Fiedeler *et al.* (2005) proponen evaluar las visiones como parte de la evaluación de tecnologías, pues ello nos permite poner en evidencia

los fundamentos, valores e intereses subyacentes a las visiones y entender su influencia en la dinámica de los debates sociales sobre la ciencia y la tecnología.

Comenzaremos analizando las visiones que presenta la nanotecnología como desencadenadora de mayor bienestar social, asociándola a una serie de beneficios. Luego, en la segunda parte de esta sección, analizaremos en qué medida tales visiones son problematizadas en los artículos, indagando si señalan posibles riesgos asociados a estas tecnologías y si se revisan sus implicaciones económicas, sociales y éticas.

LAS PROMESAS DE LA NANOTECNOLOGÍA

Los artículos nos presentan un futuro –y a veces ya un presente– en el que los productos y los materiales serán mucho más eficientes, como resultado de la explotación de las propiedades particulares que la materia exhibe en nanoescala. Casi con la misma intensidad, se destaca su capacidad para mejorar las condiciones de salud y la calidad de vida, fruto de los avances en el diagnóstico, tratamiento de enfermedades y en la industria farmacéutica. Desarrollo económico y preservación del medio ambiente son otras de las promesas de las nanotecnologías que aparecen en los artículos (cuadro 6).

Cuadro 6. Beneficios de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Beneficios de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	35	4	2	2	4	5
Productos y materiales más eficientes	17	3	2	2	3	5
Salud y calidad de vida	13	3	2	2	3	4
Desarrollo económico, competitividad	8	1	1	2	0	2
Preservación del ambiente	4	1	2	2	1	1
Otros	2	1	0	0	0	1
Artículos que no abordan el asunto	14	1	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de un beneficio puede ser mencionado en cada artículo.

Las aplicaciones de la nanotecnología cruzan los más diversos sectores productivos. Informática, medicina y materiales son las áreas más citadas como ejemplos de los avances de la nanotecnología en el conjunto de los medios (cuadro 7).

Veamos algunos ejemplos de las visiones sobre nanotecnología expuestas en la prensa analizada. La siguiente presentación de los beneficios de la nanotecnología proviene del párrafo inicial de un artículo de la revista *Super Interesante*:

Llegará un día en que un cartel en la calle podrá ser un televisor de alta definición. Los autos serán económicos, tendrán una pintura que nunca se raya, vidrios que se limpian solos y cambian de color de acuerdo con el ambiente. Usted podrá curar un cáncer de piel con una simple servilleta y andar con ropas que no se manchan. Todo eso acontecerá un día. Y ese día es la próxima semana (“La nanotecnología está en la calle. Usted no lo consigue ver, pero productos microscópicos están difundándose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor”, *Super Interesante*, N° 215, julio de 2005, p. 54).

El texto destaca la eficiencia de nuevos productos que comienzan a aparecer en los mercados. Entre autos con vidrios que repelen el polvo y pinturas que se autopreservan, se cuela la reducción simplista de la cura del cáncer de piel “con una simple servilleta”. Estos nuevos productos —se nos dice— harán mucho más fácil y segura nuestra vida diaria, pues son objetos inteligentes. Los textiles, por ejemplo, serán mucho más que meras telas y ropas: reducirán nuestro trabajo de lavarlas, secarlas y plancharlas, nos protegerán permanentemente de la contaminación por hongos y bacterias y serán capaces de “tomar decisiones” por nosotros, como avisarnos cuando hemos absorbido mucha radiación solar o suministrarnos un remedio, tal como sugieren los párrafos siguientes:

Después de la tela que no se arruga y resiste a la suciedad, llega la camiseta que no huele mal aun después de un largo y sudoroso día de trabajo (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 27).

[bikini confeccionado con] tela sensible al calor cambia de color cuando la exposición al sol pasó del punto saludable para su dueña (“Rumbo al nanobikini. La tecnología es la estrella de los desfiles. Ahora solo falta el bikini que avisa la hora de ir para la sombra”, *Época*, N° 421, 10 de junio de 2006, p. 83).

[...] tela con cápsulas hidratantes que se rompen con el movimiento del cuerpo... Algunas funcionan como dosificadoras de remedios. En vez de hidratante, cargan insulina, para el tratamiento de diabetes, o sustancias relajantes para activar la

Cuadro 7. Sectores que incorporan nanotecnología más citados en los medios analizados, 2002-2007

Sectores que incorporan nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	38	5	2	2	4	6
Informática	18	3	2	2	1	0
Medicina / fármacos	17	4	2	2	2	3
Nuevos materiales	11	1	2	2	1	2
Dispositivos (catalizadores, sensores, semiconductores)	7	0	0	0	0	1
Cosméticos	2	1	0	2	1	4
Agricultura y agroindustria	3	2	0	2		2
Productos de consumo con nuevas funciones o más eficientes	0	2	2	1	2	4
Reversión del daño ambiental	2	1	2	1	0	1
Producción y almacenamiento de energía	2	1	2	0	1	1
Alimentos	2	0	1	1	0	1
Textil y vestimenta	2	1	1	2	0	3
Automovilística	0	1	0	0	1	1
Militar	2	2	1	1	0	0
Material deportivo	0	0	0	0	0	3
Artículos que no abordan el asunto	11	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de un área de aplicación puede ser mencionada en cada artículo. Áreas mencionadas menos de tres veces fueron eliminadas de la tabla.

circulación en el cuerpo y combatir el estrés (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 72).

[...] manipulación de fibras para que [las ropas] sean más o menos hidrofílicas [...] lo que podría producir, por ejemplo, ropas más fáciles de secar. [Existe también] la posibilidad de crear telas que liberen sustancias antibacterianas o fungicidas (“Nanotecnología. Aplicaciones incluyen ropa antiséptica. USP e industria firman acuerdo para hacer tela ‘indeleñible””, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 2 de agosto de 2005, p. A 18).

También se destacan otros productos para la vida diaria, como las casas autosustentables, con vidrios, paredes y tejas que almacenan energía solar; los autos cuya chapa nunca precisa ser lavada, ni pulida o arreglada; los embalajes de alimentos que cambian de color cuando su contenido se pudre y los electrodomésticos que matan bacterias y gérmenes.

Además de apelar a una vida cotidiana facilitada, los medios recurren con gran insistencia al tema de la salud, a la lucha permanente contra la enfermedad, lucha que la nanotecnología parece finalmente vencer. La visión de futuro más citada en los artículos analizados –y también en medios de otros países (Losch, 2008)– es la de nanorrobots que monitorearán nuestros cuerpos viajando por el sistema sanguíneo, estarán alertas para detectar enfermedades antes de que se manifiesten, las combatirán liberando medicamentos en las células afectadas y serán capaces de reparar daños a nivel celular, incluso en el sistema nervioso, y corregir alteraciones genéticas. Se trata de una visión de control del cuerpo por la tecnología con una eficiencia sin precedentes para liberarnos de las enfermedades. Más aún, la nanotecnología nos posibilitará revertir los procesos naturales de envejecimiento en la medida que las células podrían repararse de su desgaste. Acabar con la enfermedad es, sin duda, una visión con la que el público tiende a simpatizar, y es permanentemente utilizada en la investigación biomédica, como se puede notar en el reciente debate sobre el uso de células tronco para investigación (Korbes, 2008; Souza, 2008), o en la información pública que acompañó al proyecto Genoma Humano (Leite, 2006). En varios artículos, las visiones sobre los nanorrobots son introducidas a partir de relatos de ciencia ficción, reforzando que se está avanzando en fronteras de la ciencia que parecían lejanas o inalcanzables, como en el caso siguiente:

En la película *Viaje Insólito* (1987), un vehículo conducido por un oficial de la Marina (Dennis Quaid) es reducido al tamaño de una molécula y avanza, accidentalmente, dentro del cuerpo de un hipocondríaco (Martin Short). Hace

menos de veinte años, navegar por la corriente sanguínea era cosa de cine, pero recientes investigaciones muestran que la creación de nanorrobots, aptos para circular por el cuerpo humano, está más próxima de tornarse realidad. Un grupo de la Universidad Rice, en Estados Unidos, liderado por el químico James Tour, produjo el primer vehículo motorizado del tamaño de una molécula. Llamado nanocoche, mide apenas 4 nanómetros de largo. En fila, 20 mil de ellos tendrían el espesor medio de un cabello. El autito tiene un chasis y cuatro ejes. En vez de ruedas, exhibe moléculas de un compuesto formado por carbono, hidrógeno y boro. El vehículo es movido a luz. Cuando es tocado por una emisión luminosa, el motor gira y lo impulsa. “La construcción es realizada desde abajo para arriba, molécula por molécula, como todo lo que existe en la naturaleza, desde un árbol hasta una ballena”, dice Tour (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 16.).

No solo se destaca la proeza de la miniaturización, a través del control de la materia a nivel de átomos y moléculas, sino también la versatilidad y precisión que estos nanorrobots tendrían para enfrentar varias disfunciones del organismo. La enfermedad sería curada a partir de sus bases, las células con disfunciones y los genes con defectos:

Muchas tecnologías van a encoger de manera absurda. Al punto de poder imaginarse [...] un submarino tan minúsculo que podría entrar en las células y, allí adentro, corregir defectos genéticos y otros desarreglos perjudiciales para la salud (“Brasil lanza programa para aprender a construir máquinas del tamaño de moléculas”, *Galileu*, N° 129, abril de 2002, p. 49).

Imagine un ejército de robots con proporciones microscópicas entrando en su cuerpo para atacar células cancerosas, destruir bacterias y virus, insertar medicamentos en células específicas, desobstruir arterias y realizar cirugías mínimamente invasivas (“Médicos microscópicos”, *Galileu*, N° 161, diciembre de 2004, p. 69).

[...] el ejemplo más impresionante es el nanorrobot. Inyectado en la corriente sanguínea del paciente, recorre sus entrañas y modifica uno o más genes para que el propio organismo reaccione ante la enfermedad. O medica directamente las células enfermas, sin comprometer las saludables [...] (“Universo en miniatura. Nueva frontera del conocimiento, la nanotecnología debe mover US\$ 1,3 trillones en la próxima década y tener impacto en todos los campos de la industria y de la vida moderna”, *Isto É*, N° 1865, 13 de julio de 2005, p. 88).

[...] en un accidente vascular cerebral, por ejemplo, [el nanorrobot] podría ir hasta el lugar de la ruptura del vaso y, literalmente, remendar la arteria dañada

con una especie de cola, conteniendo el derrame. (“Pequeñas grandes invenciones. Desde robots que pueden recorrer arterias a nanopartículas capaces de detectar y destruir tumores, así camina el futuro de la medicina diagnóstica”, *Veja*, N° 2.034, 14 de noviembre de 2007)

A pesar del recurrente uso del ejemplo de los nanorrobots, los artículos no establecen claramente cuál es su viabilidad. Los sistemas de entrega de drogas dirigidos puntualmente a las células afectadas, reduciendo efectos colaterales y aumentando la eficiencia del medicamento son otra de las promesas más comunes en estos textos. Se trata de una de las funciones que asumirían los nanorrobots, pero otros sistemas de entrega son presentados como investigaciones próximas de la aplicación y ya en fase de experimentación con animales.

Al referirse a aplicaciones médicas, no faltan en los artículos frases de efecto como presentar la nanotecnología como “esperanza para el tratamiento de enfermedades devastadoras como cáncer y SIDA” (“Cuanto menor, mejor. En los próximos años, será difícil pasar un solo día sin toparse con productos de la nanotecnología: desde los autos a los remedios y cosméticos”, *Época*, N° 345, 27 de diciembre de 2004, p. 68), o “creación de nanopartículas para reparar las neuronas dañadas por traumas, derrames o enfermedades degenerativas como el mal de Parkinson” (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 29). Reforzando la capacidad de la nanotecnología para prevenir (¿eliminar?) la enfermedad, un artículo anuncia: “La agencia espacial norteamericana Nasa invierte en técnicas de nanotecnología para curar a los astronautas inclusive *antes* de que se enfermen” (“Universo en miniatura. Nueva frontera del conocimiento, la nanotecnología debe mover US\$ 1,3 trillones en la próxima década y tener impactos en todos los campos de la industria y de la vida moderna”, *Isto É*, N° 1865, 13 de julio de 2005, p. 71).

Los artículos también dedican mucha atención a los avances en el campo de la informática. Atribuyen a la nanotecnología la posibilidad de mantener vigente la llamada Ley de Moore, según la cual el número de transistores en un chip dobla cada 18 meses. Esta “ley” está en riesgo por los límites encontrados en las tecnologías basadas en el silicio. Como resultado de la confluencia de materiales y procesos orgánicos e inorgánicos y de la explotación de propiedades de los electrones (la spintrónica), los computadores serán velocísimos, poderosísimos y, claro, cada vez más chicos:

[...] en la electrónica la revolución será avasalladora. En lugar de computadores que caben en la palma de la mano, la tendencia son los chips un millón de veces

menores que el chip de hoy. Eso multiplica por mil la capacidad de procesamiento de las máquinas actuales (“Universo en miniatura. Nueva frontera del conocimiento, la nanotecnología debe mover US\$ 1,3 trillones en la próxima década y tener impacto en todos los campos de la industria y de la vida moderna”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, pp. 73-74).

El menor computador del mundo no precisa más ni una pila para funcionar, el procesador es uno de los más antiguos que existen: el ADN. La destrucción de la propia molécula de ADN en proceso genera la energía para la computación, dispensando otro combustible (“Computador de DNA funciona sin pila”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 7 de marzo de 2003, p. A12).

[...] desarrollo de los llamados computadores cuánticos, más rápidos y potentes que los convencionales. [...] La idea es que en el futuro átomos individuales puedan sustituir partes de componentes electrónicos, como transistores (“Área llevará a revolución tecnológica, dice vencedor”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 5 de octubre de 2005, p. A18).

¡Gastar una molécula entera para guardar datos es desperdicio! Científicos ya vislumbran la spintrónica, en que cada electrón guardaría datos. De acuerdo con el lado para el que [el electrón] gira, podría indicar los números 0 o 1 (“Nanotecnología está en la calle. Usted no consigue verla, pero productos microscópicos están propagándose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor”, *Super Interesante* N° 215, julio de 2005, p. 58).

En un número especial sobre tecnología, la revista *Veja* expresa dramáticamente algo que está muy presente en los artículos: no parece haber límites para las innovaciones en el campo de la nanotecnología. Bajo el subtítulo “La nueva odisea”, la nanotecnología se presenta como: “La jornada del hombre rumbo al átomo [que] abre un universo de descubrimientos tan vasto como el creado por la conquista del espacio” (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 22). En un artículo de la revista *Época* se cita un investigador que afirma: “La capacidad de manipulación de la materia en escala atómica permitirá innovaciones que serán limitadas solamente por nuestra imaginación, con beneficios incalculables para la humanidad” (“Cuanto menor, mejor. En los próximos años, será difícil pasar un solo día sin toparse con productos de la nanotecnología: desde los autos a los remedios y cosméticos”, *Época*, N° 345, 27 de diciembre de 2004, p. 68).

Encontramos algunas ambigüedades en los artículos al situar temporalmente tales promesas de la nanotecnología. En el diario *Folha de S. Paulo*, por ejemplo, suele haber una delimitación temporal más clara, pero en la mayoría se enfatiza

la vitalidad actual de la investigación en el área, y se sitúan las aplicaciones concretas (y las promesas) en el futuro, tendiendo a no señalarse plazos específicos. En las revistas *Veja* y *Época* es más común presentar la nanotecnología como algo que ya comenzó a desarrollarse o cuyo impulso es inminente, trazando un continuo entre los productos bastante mundanos que ya están disponibles en el mercado, que incorporan nanotecnología como innovaciones incrementales, y las promesas futuristas más osadas. En una situación intermedia se hallan *Galileu* y *Super Interessante* (cuadros 8 y 9).

Más allá de la ubicación temporal explícita, que no siempre es realizada en los artículos, encontramos formas subrepticias de introducir al lector en determinados marcos temporales, que tienden a fomentar la idea de un rápido avance de la nanotecnología. Así ocurre, por ejemplo, cuando se busca causar una fuerte impresión en el lector sobre tal avance destacando realizaciones futuristas que luego, en el desarrollo del contenido del texto, son caracterizadas como investigaciones que están aún muy lejanas de transformarse en productos o tratamientos disponibles, y no hay certeza de que lo sean. Por ejemplo, en el artículo “Nanotecnología. Química quiere crear manufactura celular. Robots de DNA ya caminan sobre dos piernas sobre un riel especial” (*Folha de S. Paulo*, Ciencia, 10 de mayo de 2004, p. A13) se relata la creación de un bípedo con piernas de 10 nanómetros construido con fragmentos de ADN en la Universidad de Nueva York. El nanocaminante es presentado como la primera tentativa exitosa de crear máquinas moleculares, conduciendo al lector a las perspectivas más radicales de desarrollo de la nanotecnología. Luego, el artículo relativiza el avance, situando la manufactura molecular como una esperanza futura incierta: “[...] los investigadores tienen la esperanza de que un día las células puedan ser programadas para manufacturar esas máquinas basadas en el ADN” (*idem*).

En la revista *Galileu* (N° 129, abril de 2002, p. 49), la investigación brasileña en nanotecnología es colocada en el contexto de realizaciones futuristas cuando se anuncia en el titular “Brasil lanza programa para aprender a construir máquinas del tamaño de moléculas”. El artículo comienza explicando qué es la nanotecnología, informa que Brasil está promoviendo la investigación en este campo, e indica una serie de aplicaciones en la producción industrial, la medicina, la agricultura y la protección ambiental. Mientras en entrevistas a científicos locales se destaca el carácter incipiente de la organización de la investigación en nanotecnología en el país y los pocos recursos, los destacados y fotografías del artículo presentan visiones futuristas, como estas: “Nanomotores y nanosubmarinos tan pequeños que podrán navegar en el interior de las células y reparar genes”, “Ejército interno. Nanorrobots podrán cazar virus en las arterias”, “En los delirios de la ficción científica, aparatos de radio se vuelven tan pequeños que se confunden con polvo”.

Cuadro 8. Horizontes temporales para el desarrollo de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Temporalidad del desarrollo de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	32	5	2	2	4	5
El desarrollo de la nanotecnología ya comenzó	7	0	1	1	2	3
Desarrollo en el futuro inmediato (próximos 10 años)	1	2	0	1	2	2
Desarrollo a medio y largo plazos (más de 10 años)	3	1	1	0	0	0
Desarrollo futuro, sin especificar	21	2	0	0	0	1
Artículos que no abordan el asunto	17	0	0	0	0	1
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Cuadro 9. Estadio de desarrollo de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Etapas en el desarrollo de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	43	5	2	2	4	6
Investigaciones en proceso	41	5	2	2	2	5
Prototipos/insumos que pueden ser utilizados por la industria	3	0	0	2	0	0
Productos ya disponibles en el mercado	5	2	1	2	3	5
Artículos que no abordan el asunto	6	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de una situación puede ser mencionada en cada artículo.

Super Interessante subraya que la nanotecnología ya está en nuestro cotidiano en el artículo “Nanotecnología está en la calle. Usted no consigue verla, pero productos microscópicos están propagándose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor” (*Super Interessante*, N° 215, julio de 2005, p. 58). Se trata de un artículo muy didáctico que, a partir de varias fuentes, muestra una serie de cuadros con ejemplos de productos de la nanotecnología que ya están disponibles en el mercado y otros que vendrán en el futuro. Esta distinción está muy clara en los cuadros, separando “lo que ya existe” de “lo que viene”. El título de cada cuadro, sin embargo, da la idea de que todos los ejemplos son algo ya corriente: “Su casa: productos que duran”, “Automóviles, totalmente sin ralladuras” (en portugués, *sem riscos*, que indica al mismo tiempo, sin ralladuras y sin riesgos), “Farmacia: remedios que van directo al objetivo”, “Medicina, la cura en una partícula”, “Medio ambiente, salvando el mundo una molécula por vez”, “Electrónicos: átomos expertos”, “Arquitectura: edificios bien educados”, “Moda: converse con su bufanda”.

La ambigüedad temporal también ocurre por la forma en que se usan los tiempos verbales en los titulares y en el contenido. En un artículo de *Folha de S. Paulo*, bajo el título “Nanoimanes contienen derramamiento de petróleo” (18 de mayo de 2002, p. A14), se presenta una investigación realizada en la Universidad de Brasilia con el propósito de desarrollar un nanocompuesto para retirar el petróleo derramado en el mar. El titular, que surge unos días después de un desastre ecológico por derramamiento de petróleo en Angra dos Reis, sugiere un hecho efectivamente ocurrido, mientras el contenido del artículo nos dice que la investigación está aún en fase de conclusión. De esta forma, se resalta una potencial aplicación de la nanotecnología vinculándola a la menor eficiencia de los métodos realmente utilizados para contener el derrame ocurrido.

En muchos otros artículos, aunque se establezca claramente que se están presentando investigaciones en proceso, prevalece la idea de inmediatez de los resultados frente al trabajoso y lento proceso de investigación. En parte, tales ambigüedades en el establecimiento de marcos temporales para el desarrollo de la nanotecnología pueden ser vistas como recursos periodísticos para captar la atención del lector. Sin embargo, también se trata de una transposición, con frecuencia exacerbada, de las visiones desencadenadas en el campo científico sobre las promesas de las nanotecnologías para los medios de comunicación.

CONTROVERSIAS Y DEBATES: RIESGOS E IMPLICACIONES DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

El desarrollo de la nanotecnología ha estado permeado por un debate interno y un debate externo. El primero se refiere al debate entre científicos que proponen

diversos enfoques, alcances y posibilidades de este campo, claramente expuesto en la controversia Drexler-Smalley (Reising, en este volumen; Selin, 2007; Bensaude-Vincent, 2004). Una nueva controversia parece estar delineándose actualmente en torno a los riesgos de la nanotecnología (Barras, 2008; Maynard, 2007; Kulinowski, 2004). Además, la nanotecnología se vio envuelta muy rápidamente en un debate externo incluyendo actores sociales como ONG y activistas. Este debate externo es tributario, por un lado, del debate interno, en la medida en que las visiones de Drexler sobre nanotecnología lanzaron a la arena pública asuntos como las implicaciones sociales de estas tecnologías y sus riesgos. Fue particularmente difundido su oscuro escenario de la plaga gris (*grey goo*), formada por nanorrobots autorreplicantes que escapan al control humano y cubren el planeta. El polémico artículo de Bill Joy, fundador de Sun Microsystems, publicado en la revista *Wired* en 2000 con el título “Por qué el futuro no nos necesita”, reforzó esta visión, y es considerado algo así como un manifiesto distópico.¹⁰ Fue también ampliamente difundido al público general a través de la novela *Presa*, de Michael Crichton, que desarrolla ese motivo en un *techno-thriller* traducido a varias lenguas. Por otro lado, este debate público resulta de un proceso histórico de creciente preocupación social con las implicaciones y riesgos de las tecnologías que se torna cada vez más evidente a partir de los años 1960-1970 y que llega, a finales de la década de 1990, a tomar gran relevancia con el conflicto en torno a la biotecnología (Jassanoff, 2005; Cutcliffe, 2003; Durant, 1999).

Comencemos examinando la expresión de las controversias internas en los artículos analizados. Llama la atención que ninguno presenta el debate entre Drexler y Smalley a propósito de la viabilidad de la manufactura molecular. Drexler, mientras tanto, tiene la palabra directamente en dos entrevistas. *Super Interessante* (N° 205, octubre de 2004) publicó una entrevista bastante extensa titulada “El futuro es invisible”. El encabezado presenta a Eric Drexler como el hombre que inventó la nanotecnología y que está insatisfecho con los rumbos que su idea tomó. Drexler explica su visión de nanotecnología como un nuevo y revolucionario proceso de producción a través de montadores moleculares, y la contrapone con lo que hoy se denomina nanotecnología en los laboratorios: productos o materiales que contienen piezas en la escala nanométrica. Drexler enfatiza la viabilidad de la nanotecnología molecular, pero sin referirse a quienes la han cuestionado. Según él, estaría operando dentro de dos décadas. Al final de la entrevista, el científico lamenta el énfasis exagerado dado a los nanorrobots fuera de control, diciendo que tal escenario tenía la función de mostrar, en su

¹⁰ En *Folha de S. Paulo*, un artículo de Marcelo Gleiser comenta que la revista *Scientific American* llamó “tecnocínicos” a Joy y otros científicos preocupados por los rumbos de la ciencia (“Censurando a pesquisa”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 30 de marzo de 2003).

libro *Engines of Creation* (1986), que toda tecnología, además de beneficios, conlleva potenciales problemas.

En una edición especial sobre tecnología, publicada en 2006, la revista *Veja* presenta una breve entrevista a Drexler, titulada “Basta de perder tiempo con tonterías”. En ella expone el potencial de la nanotecnología como nuevo sistema de producción, inclusive para países en desarrollo. Al final, enfatiza la necesidad de que personas razonablemente neutras evalúen el camino de los cambios tecnológicos, para evitar resistencias sociales infundadas o ideológicas.

La ausencia de referencias explícitas a esta controversia científica en la información pública traduce, en cierta medida, la actual relación de fuerzas en ese debate, que fue alineando los científicos (y también la política de nanotecnología) en una posición que relega los argumentos de Drexler como una perspectiva no realista (Selin, 2007). Sin embargo, ha sido difícil eliminar el legado de la imagen apocalíptica de Drexler sobre la plaga gris, que se ha convertido en la distopía más común en relación con la nanotecnología. Así, el autor de las promesas más radicales sobre nanotecnología, aparece en la información pública mucho más asociado a los escenarios más pesimistas. Una docena de artículos dialogan con la pesadilla de los nanorrobots autorreplicantes de diversas formas. Una de esas formas es conjurar este escenario como irrealista, al tiempo que se demarca el terreno de la “nanotecnología real”. Por ejemplo, en un artículo de la *Folha de S. Paulo*, al tratar de las investigaciones nacionales, se deslinda el campo de la nanotecnología, separándola de los “delirios futuristas”:

Aunque las menciones a la nanotecnología puedan conjurar en la cabeza de las personas delirios futuristas sobre robots minúsculos e inteligentes, la meta del emprendimiento nacional es más modesto. La Embrapa [Empresa Brasileña de Investigaciones Agrícolas] ya consiguió avances como nuevos materiales [...] (“Materiales: Laboratorio inaugurado ayer busca generar productos para el agro-negocio. Embrapa destina R\$ 4 millones a la nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 18 de abril de 2006, p. A14).

En otro artículo, el investigador Oswaldo Luiz Alves, de la Universidad Estatal de Campinas, probablemente el investigador brasileño que más claramente expone al público la necesidad de investigar los riesgos de la nanotecnología, separa tajantemente la nanotecnología “real” (y también los riesgos plausibles) de la plaga gris, cuando responde al periodista que habla de máquinas autorreproductoras descontroladas:

No, si va a hablar de eso, Ud. necesita buscar otra persona [...] Yo puedo hablar

sobre la nanotecnología del mundo real, que ya está ahí, transformando empresas y generando nuevos productos (“Nanotecnología. Ella está entre nosotros”. *Galileu*, N° 194, septiembre de 2007, p. 52).

Colocar las ideas drexelianas en el plano de la ciencia ficción, aludiendo la novela de Michael Crichton, es otra forma de delimitar el terreno de la nanotecnología “real”:

En los delirios de la ficción científica, el futuro reservaría a la humanidad nanorrobots autorreplicantes que salen de control y amenazan envolver el mundo en una “plaga gris”. La idea de estos mecanismos, una previsión del físico Eric Drexler, es aprovechada en la novela *Presa* del escritor Michael Crichton [...] Una catástrofe de esas, sin embargo, sería altamente improbable, aun en un futuro distante (“Nanotecnología entre el bien y el mal”, *Galileu*, N° 146, septiembre de 2003, p. 73).

Más adelante analizaremos de qué forma comparecen los nanorrobots de Drexler en la información sobre riesgos de la nanotecnología presentada al público.

Abordemos ahora las alusiones a temas discutidos en el debate externo suscitado por las posibles implicaciones sociales y riesgos de las nanotecnologías. En primer lugar, es necesario identificar la importancia que tales aspectos recibieron en la información pública. Aunque los beneficios de la nanotecnología hayan sido, sin duda, mucho más resaltados que sus posibles riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas, los medios incluyeron, en distinta medida, informaciones sobre tales aspectos. En total, lo hicieron 22 artículos (cuadro 10). Notamos que cuanto más restricto es el artículo para noticiar investigaciones en un campo particular, menos incorpora estas dimensiones. Este es el tipo de artículos que predomina en la sección Ciencia de *Folha de S. Paulo*. En este diario, solamente 13 de los 49 artículos abordan algún aspecto vinculado a los riesgos o implicaciones económicas, sociales y éticas de las nanotecnologías. Percibimos también que los artículos que lo hacen son más frecuentes en la sección sobre ciencia que aparece en el prestigioso *Caderno Mais!* de los domingos, y particularmente en los escritos del periodista Marcelo Leite. Cuando los artículos son más amplios, presentando al lector diversos aspectos de este nuevo campo científico, tales cuestiones tienden a ser más incorporadas. Este perfil de artículo es más común en las revistas de divulgación y en dos de las revistas semanales. Obsérvese en el cuadro 10 que dos de los cinco artículos de *Galileu* tratan de los riesgos o implicaciones de la nanotecnología, así como los dos artículos de *Super Interessante*, uno de los dos publicados por *Isto É*, uno de los tres de *Veja* y tres de los seis publicados por *Época*.

Cuadro 10. Principales implicaciones económicas, sociales y éticas y potenciales riesgos de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Implicaciones y riesgos de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	13	2	2	1	1	3
Riesgos a la salud y al ambiente	4	2	2	1	1	3
Transformaciones sociales	4	2	1	1	0	2
Transformaciones en la economía	0	0	0	0	0	3
Dilemas éticos	4	1	0	0	0	1
Mayor desigualdad social	0	0	0	1	0	1
El artículo no aborda el asunto	36	3	0	1	3	3
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de una situación puede ser mencionada en cada artículo.

Los potenciales riesgos de las nanotecnologías para la salud y el ambiente fueron el asunto más tratado en todos los medios, seguido de las transformaciones sociales asociadas a estas tecnologías (cuadro 10). Las implicaciones económicas, los dilemas éticos y la desigualdad social fueron aspectos menos citados.

Los artículos que tratan las implicaciones y riesgos de la nanotecnología se concentraron en dos años en la *Folha de S. Paulo*: 2004 (5 entre 11 artículos) y 2007 (3 de 7 artículos). En *Galileu*, apareció un artículo en 2003, uno en 2004 y otro en 2007. En *Super Interessante*, uno en 2004 y otro en 2005. En las revistas semanales, uno por año entre 2004 y 2007; en *Isto É* uno en 2004 y uno en 2005, y en *Veja* solo un artículo en 2006. Así, encontramos cierta discontinuidad en la incorporación de estos temas. La mayor frecuencia de artículos en el conjunto ocurre en el año 2004, reflejando un momento de intensificación del debate sobre nanotecnologías a nivel internacional (Invernizzi, Foladori y Marclurcan, 2008).

En el conjunto de 22 artículos que tratan los riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas de las nanotecnologías podemos evaluar la importancia relativa dada a tales cuestiones observando si se trata de asuntos centrales o de menor importancia en los textos. Diez artículos de los 22 colocan la problemática de forma directa en los titulares, algunos de forma muy elocuente como, por

ejemplo: “Pánico real. Príncipe alerta contra la nanotecnología” (*Folha de S. Paulo*, Ciencia, 12 de julio de 2004, p. A11), “Los riesgos de la nanotecnología” (*Época*, N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 63), “Nanotecnología entre el bien y el mal” (*Galileu*, N° 146, septiembre de 2003). Seis artículos realizan un destaque menor, refiriéndose al asunto en subtítulos, recuadros o diagramas. Finalmente, los seis restantes tratan el asunto en el texto, sin hacer ningún llamado de atención especial al lector. Catorce artículos otorgan gran importancia al tema, según el espacio destinado a él, siendo el argumento central o uno de los argumentos centrales del artículo. En otros ocho artículos el asunto aparece con importancia secundaria o inclusive marginalmente.

El tratamiento de los riesgos potenciales de las nanotecnologías aparece como un diálogo con el fantasma de los nanorrobots drexelianos. De esa forma, la controversia interna omitida reaparece al tratar un aspecto del debate externo, el que convoca mayores reacciones públicas. Los nanorrobots replicantes son una imagen fuerte, inclusive sensacionalista, de los posibles riesgos de la nanotecnología. Se hace, sin embargo, diversos usos de ella. Algunos artículos se refieren a los nanorrobots como metáfora, o como símbolo de los riesgos posibles, o aún, como la versión simplista de los riesgos que más fácilmente se prende en la opinión pública:

La nanotecnología, o pesquisa con dispositivos en la escala del millonésimo de milímetro (nanómetro), ha motivado algunas previsiones aterradoras, como la de nanorrobots autorreplicantes que llegasen a cubrir la tierra con una plaga gris. [...] La imagen tenebrosa se volvió un emblema de los posibles efectos no pretendidos de la nanotecnología. Escaldados por los innumerables problemas enfrentados por la industria nuclear y por la biotecnología, los investigadores del área están considerando seriamente este espanto. La Fundación Nacional para la Ciencia (NSF) de Estados Unidos, por ejemplo, ya organizó dos *workshops* para debatir “Efectos Sociales de la Nanociencia y la Nanotecnología” [...] (“La plaga de US\$ 3,7 bi.”, *Folha de S. Paulo*, Caderno Mais!, 4 de enero de 2004, p. 14).

En un artículo de *Folha de S. Paulo* titulado “La vuelta de la plaga gris”, el periodista Marcelo Leite llama a la plaga gris “idea infecciosa”, y que llegó a provocar fuertes reacciones en la opinión pública:

[La idea de la plaga gris, creada por Drexler y divulgada por la novela *Presa*] estaba provocando una reacción fuerte en la siempre débil opinión pública, con una abundante producción de anticuerpos hasta contra la idea general de la nanotecnología... Ya aparecida en el radar alérgico de los adversarios de la biotecnología, por ejemplo (*Folha de S. Paulo*, Caderno Mais!, 25 de julio de 2004, p. 18).

Leite comenta, en ese texto, que el propio Drexler, autor de la idea, decidió escribir un artículo aclarando que nunca ocurrirá tal plaga, y expone sus argumentos.

Al calificar esta amenaza como irreal, algunos artículos la contraponen con los riesgos reales, relatando evidencias provenientes de algunas investigaciones:

Presa – Robots consumen planeta. Eso es ficción científica, pero no todos creen que la nanotecnología sea segura. Eva Oberdorfer investiga con fullerenos, mostrando daños en membranas del cerebro de peces. [...] Científicos de la Universidad de Rice observan efectos tóxicos de fullerenos en células humanas. Entender los riesgos es importante para poder controlarlos, dice Kristen Kulinowski (“Nanopartícula puede ser tóxica, dice estudio”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 28 de diciembre de 2004, p. A14, tomado de *The Independent*).

Si usted es de aquellos que temen los peligros involucrados en lo que se convenció en llamar nanotecnología, es bueno que se preocupe efectivamente, porque ella vino para quedarse. Y no es una cuestión de futuro. Productos nanotecnológicos ya están proliferando a nuestro alrededor [...] La buena noticia es que nadie necesita preocuparse –por los menos en el futuro más próximo– por la plaga gris [...] (“Nanotecnología. Ella está entre nosotros”, *Galileu*, N° 194, septiembre de 2007, p. 52).

Nanopartículas pueden traer riesgos ambientales y a la salud, indican estudios. El riesgo es controlable, dicen los científicos, y nada tiene que ver con las paranoias de la ficción científica [...] (“Nanotecnología entre el bien y el mal”, *Galileu*, N° 146, septiembre de 2003, p. 71).

Todo indica que la resistencia a la nanotecnología crecerá en los próximos años hasta alcanzar los mismos niveles de histeria verificados durante la aprobación de los primeros productos transgénicos. Algunos temores, como el que criaturas autorreplicantes dominen el mundo, son claramente fantasiosos. Otros exigen reflexiones [el artículo cita riesgos a la salud y al ambiente, aumento de las capacidades humanas, desigualdad social, substitución de materias primas y fuerza de trabajo, dilemas éticos] (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 29).

Si bien estos ejemplos muestran una tendencia a deshacerse de la plaga gris, sea porque la idea tuvo mucha fuerza y persiste en el debate público, sea por sensacionalismo, aún encontramos artículos que la presentan como un riesgo real o inminente. Bajo el subtítulo “Peligro”, en un artículo de *Isto É* se argumenta:

Tamaño revolución no podría salir ilesa. Hay gente respetable y de renombre asustada con las posibles amenazas de esos diabólicos robots minúsculos. Entre

ellos está el visionario Bill Joy, creador del lenguaje Java usado en algunos celulares. Para él, el dominio de la nanotecnología puede ser más peligroso que la clonación humana, pues pone en riesgo la propia existencia humana (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 74).

Lo mismo ocurre en el artículo titulado “Los riesgos de la nanotecnología”, publicado por *Época*:

Uno de los primeros en alertar sobre los riesgos [de la nanotecnología] fue Bill Joy, uno de los fundadores de la Sun Microsystems. Hace siete años, en un artículo publicado en la revista *Wired*, él describía el peligro de que algún día creemos máquinas del tamaño de átomos, capaces de montar moléculas potencialmente amenazantes (*Época* N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 62).

El peligro de la plaga gris aparece a veces como irreal y otra como plausible, inclusive dentro de un mismo artículo, dando un carácter ambiguo a la información. Un motivo adicional de confusión es que la visión futurista más difundida como promesa de la nanomedicina también involucra nanorrobots, lo que fácilmente puede conducir al lector a una identificación.

Más allá de los nanorrobots, el tratamiento de los riesgos potenciales ha tendido a incorporar informaciones sobre resultados de algunas investigaciones que indican riesgos bastante más concretos de las nanopartículas. En 2003, un artículo de *Galileu* (“Nanotecnología entre el bien y el mal”, N° 146, septiembre de 2003, p. 71) cita investigaciones realizadas en Estados Unidos que indican potenciales riesgos de las fibras de nanotubos de carbono. En 2004, *Folha de S. Paulo* (“Espacio con el nanoandador”, Ciencia, Caderno Mais!, 9 de agosto de 2004, p. 12), publica comentarios sobre el documento británico elaborado por la RSYRAE (2004), que señala potenciales riesgos asociados al tamaño y reactividad de las nanopartículas, y en otra edición del mismo año, se refiere a la publicación de los estudios de Oberdorfer y de Kulinowski con fullerenos en peces y células humanas respectivamente (“Tecnociencia. Estructura básica de la nanotecnología forzaría constitución de radicales libres y amenazaría células humanas”. *Folha de S. Paulo*, 28 de diciembre de 2004, p. A14). También en 2004, investigaciones sobre riesgos realizadas por el toxicólogo Ken Donaldson, de la Universidad de Edimburgo, son expuestas por *Isto é* (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 74). En 2006,

Veja divulga la noticia sobre problemas de salud presumiblemente causados por el producto de limpieza *Magic Nano* (que luego se demostró no deberse a la nanotecnología) (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 16). Finalmente, en el año 2007, tenemos la noticia de creación de vida sintética por Craig Venter, conjugando biología y nanotecnología y sus riesgos, publicada por *Folha de S. Paulo* (“Craig Venter sale adelantado en la búsqueda de vida sintética. Equipo norteamericano consigue hacer transplante de genoma en bacteria”, 29 de junio de 2007, p. A15) y referencias a las investigaciones de Maynard alertando sobre efectos de los nanotubos de carbono, comparables con los del amianto (“Los riesgos de la nanotecnología. Científicos alertan sobre posibles efectos nocivos de productos que usan partículas microscópicas, como filtros solares y cremas”, *Época*, N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 61).

Las implicaciones económicas, sociales y éticas de la nanotecnología, por su parte, son abordadas de forma muy superficial en los artículos, constatando que la nanotecnología tendrá consecuencias en esos campos, afectando la forma en que vivimos, pero sin profundizar esta discusión. Por ejemplo:

[...] el cambio [tecnológico] ya comenzó y promete un enorme impacto social y económico [...] pero la mayoría de las personas aún no se dio cuenta de él (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 29).

En una declaración ante el Congreso de Estados Unidos en 1999, Smalley dijo que “el impacto de la nanotecnología en la salud, la riqueza y el padrón de vida de las personas será, como mínimo, equivalente a las influencias combinadas de la microelectrónica, del diagnóstico por imágenes, de la ingeniería computarizada y de los polímeros artificiales en este siglo [siglo xx]” (“Moratoria para la nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 23 de febrero de 2003, p. 17).

Surgen también muchas preocupaciones de cuño social. “Según el gobierno norteamericano, en los próximos 20 años, la convergencia tecnológica en la escala nano (biotecnología, tecnología de la información y neurociencia juntas) va a mejorar el desempeño humano en el trabajo, los deportes y los campos de batalla. Eso va a profundizar la desigualdad social entre los que tienen acceso a las innovaciones y los que no lo tienen”, argumenta Pat Money, director ejecutivo del ETC Group (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 30-31).

El surgimiento de nanobiosensores para monitorear el comportamiento de las personas en lugares públicos o en el trabajo ciertamente traerá dilemas éticos. (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 31).

En el conjunto de los artículos, raramente hay una conexión entre las grandes promesas anunciadas y sus implicaciones económicas, sociales y éticas. Así, por ejemplo, cuando se presentan los productos que contienen nanotecnologías, enfatizando su mayor eficiencia y sus nuevas propiedades, no se pone en cuestión quiénes tendrán acceso a ellos, o sea, cómo serán distribuidos socialmente los frutos de esa tecnología. Este asunto sólo es explícitamente discutido en dos artículos. En el número de *Época* del 26 de diciembre de 2005 (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, p. 31), se cita la opinión de Pat Mooney, del Grupo ETC, quien prevé un aumento de la disparidad social relacionada al acceso desigual a las innovaciones. En *Isto É* (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 71), se traza un paralelo con la brecha digital, y se cita al bioeticista Erin Court, quien afirma que lo que está en juego son los beneficios para billones de personas que viven en los países en desarrollo.

También es significativo notar la ausencia de la discusión de las implicaciones del control casi obsesivo de nuestro cuerpo que los nanorrobots inyectados en la corriente sanguínea podrían tener, como el tornar disponibles informaciones sobre la salud a los sistemas de seguros o a los empleadores, abriendo oportunidades para la discriminación. Otras implicaciones sociales como la dependencia creciente de los sistemas médicos o el acceso a estas tecnologías sofisticadas, tampoco son colocadas. Solo un artículo de *Folha de S. Paulo* (“La plaga de US\$ 3,7 billones”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 4 de enero de 2004) alude a la invasión de la privacidad resultante de los nanodispositivos, al exponer resultados de un seminario organizado por la Nacional Science Foundation.

En el caso de otra de las grandes promesas, la informática, los artículos nos presentan los beneficios de los nuevos computadores en sí, como el aumento impresionante de su capacidad de manejo y almacenamiento de información. No encontramos referencias sobre cómo afectaría la productividad industrial, los locales de trabajo, el empleo, o la propia industria de computadores. La única mención a implicaciones está dada por el comentario de la brecha digital ya señalada.

¿En qué magnitud estos medios se refieren a actores sociales involucrados en el debate sobre nanotecnologías? ¿Cómo se exponen sus motivos de preocupación y reivindicaciones? La mención que se hace de ellos en la columna Ciencia del diario *Folha de S. Paulo* es muy reducida, en solamente seis de los 43 artículos. A pesar del escaso número de artículos brindado por las revistas analizadas, estas tienden a incorporar en mayor proporción las perspectivas de actores no científicos, evidenciando la existencia de conflictos ciencia-sociedad en el temprano desarrollo de la nanotecnología (cuadro 11).

El príncipe Charles fue un actor público bastante citado. *Folha de S. Paulo*, por ejemplo, se refiere a sus manifestaciones de preocupación con los riesgos de las nanopartículas, llegando a compararlos con el desastre causado por la droga talidomida:

El príncipe Charles volvió a alertar contra la supuesta amenaza que la nanotecnología representa para la humanidad ayer, en el diario británico *The Independent*. El heredero del trono británico comparó la nueva tecnología con la talidomida [...] (“Pánico real, Príncipe alerta contra nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 12 de julio de 2004, p. A11).

El mismo año, el príncipe británico vuelve a ser citado por el diario, en el contexto más amplio de reacción social frente a los organismos genéticamente modificados (OGM) que ocurrió en su país y de la actitud tomada por el gobierno británico en el caso de la nanotecnología de encomendar un documento a la Royal Society y Royal Academy of Engineers (RSYRAE, 2004) para evaluar sus riesgos:

Después de penar varios años con la reacción social frente a los organismos genéticamente modificados (OGM), los británicos decidieron actuar preventivamente en el caso de las nanotecnologías. [...] Hasta el príncipe Charles ya comenzaba a tirarles arena (macroscópicamente hablando), comparándolas con la talidomida (“Espacio con el nanoandador”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 9 de agosto de 2004, p. 12).

Manifestaciones similares también fueron citadas en otros dos artículos de las revistas *Isto É* (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y millones de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 74) y *Época* (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 30).

Cuadro 11. Alusión a perspectivas sobre nanotecnología de actores no científicos en los medios analizados, 2002-2007

Inclusión de perspectivas de actores no científicos	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que citan perspectivas de actores no científicos (ONG, público, políticos, etcétera)	6	2	1	1	1	2
Artículos que no citan perspectivas externas a la comunidad científica	43	3	1	1	3	4
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

En cuatro artículos se presentan manifestaciones de temor o rechazo de ONG o grupos de activistas hacia productos conteniendo nanotecnologías que ya están comercializándose. La revista *Época* presenta la preocupación de la ONG ETC sobre la inexistencia de regulación:

Más de quinientos productos que contienen nanopartículas ya son comercializados, según levantamiento del ETC Group. [...] La nueva bandera de la entidad es la lucha contra los productos de la nanotecnología, que no están sujetos a ninguna rotulación o regulación (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 27).

Una manifestación de protesta es citada por *Super Interessante*:

[...] como toda novedad, la nanociencia está asustando. Al final, un material con características increíbles también podría causar daños increíbles al hombre o al medio ambiente. El mes pasado, un grupo de activistas americano se sacó la ropa para protestar contra pantalones nanotecnológicos que serían muy contaminantes (“Nanotecnología está en la calle. Usted no consigue ver, pero productos microscópicos están difundiéndose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor”, *Super Interessante* N° 215, julio de 2005, p. 54).

En *Veja*, se comenta el caso de un producto de limpieza que causó problemas de salud en Alemania. Se da a entender que las ONG están “al acecho” de cualquier problema para reforzar sus posiciones, apresurándose a responsabilizar a la nanotecnología por cualquier problema, como de hecho presumiblemente ocurrió en este caso:

Recientemente, al lado de los descubrimientos, la tecnología viene acumulando también polémicas. En marzo, un producto de limpieza que prometía proteger baños de la proliferación de bacterias por hasta seis meses fue puesto a la venta en Alemania. El *Magic Nano* fue un éxito inmediato, pero duró poco. Solo tres días después del lanzamiento, tuvo que ser recogido a causa de reclamos de los consumidores. Ellos afirmaban que el producto provocaba problemas respiratorios. Seis fueron hospitalizados. El fabricante se defendió argumentando que la intoxicación fue causada por un líquido anticorrosivo contenido en la versión en aerosol. El producto en envase plástico no había causado ningún malestar. Pero el perjuicio recayó sobre la nanotecnología, dando espacio a grupos ambientalistas y otros que defienden una mayor atención a los eventuales peligros de esta nueva área (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 16).

Sobre el mismo caso, en otro artículo, se señala que

[...] varias organizaciones no gubernamentales salieron al público, colocando la nanotecnología bajo fuerte sospecha [...] (“Nanotecnología. Ella está entre nosotros”, *Galileu* N° 194, septiembre de 2007, p. 59).

Las ONG ambientalistas fueron clasificadas como “oportunistas” en un artículo de *Época* (“Los riesgos de la nanotecnología”, *Época*, N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 63), en que se compara la incipiente resistencia a la nanotecnología con la ocurrida en el caso de los transgénicos. Según el artículo, el oportunismo de las ONG se desarrolló en un contexto de falta de transparencia de las empresas, desinformación pública y omisión de los gobiernos, un escenario que también podría comprometer la anunciada revolución nanotecnológica.

Las ONG son presentadas como fuertes grupos capaces de interferir en el desarrollo de la tecnología, en un artículo de *Folha de S. Paulo*, refiriéndose al pedido de moratoria realizado por el grupo ETC, se explica:

Quien piense que se trata de una ONG sin importancia o audiencia debería conversar con los defensores de los alimentos transgénicos. Ellos podrán narrar el

trauma que les fue causado por la ONG antecesora de ETC, RAFI [sigla en inglés de Fundación Internacional para el Avance Rural]. RAFI promovió un marco memorable al acuñar el calificativo “Terminador” (exterminador) para la tecnología siniestra que impedía la reproducción de semillas de plantas transgénicas (“Moratoria para la nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 23 de febrero de 2003, p. 17).

Finalmente, en la revista *Galileu*, bajo el sugestivo título “Nanotecnología, entre el bien y el mal”, se contraponen las posiciones de dos ONG, el Grupo ETC y Greenpeace:

El alborozo en torno de los problemas que la nanotecnología puede traer comenzó el año pasado, luego que la ONG ambientalista ETC Group pidió una moratoria mundial en la producción de nanoproductos, ya que aún no hay leyes regulando lo que puede o no ser hecho [...]

[...] La propuesta de la moratoria, sin embargo, parece ser un poco exagerada. El propio Greenpeace, una de las organizaciones más activas contra los alimentos transgénicos, considera que la ciencia de lo minúsculo debe traer más beneficios que problemas [como sistemas de producción de energía limpios] (*Galileu*, N° 146, septiembre de 2003, pp. 71-72).

Las escasas referencias a manifestaciones de actores no científicos ya son un indicador de la poca legitimidad con que estos cuentan como interlocutores en asuntos de ciencia y tecnología en la información brindada al público. Además, observamos que, a veces, son presentados como grupos que se oponen a la ciencia y la tecnología, y no como grupos que cuestionan sus riesgos e implicaciones, reivindicando medidas preventivas como mayor regulación o el uso del principio de precaución, o como grupos que critican determinadas trayectorias de desenvolvimiento tecnológico. Notamos también que los artículos tienden a no confrontar directamente los argumentos de los científicos con los de actores no científicos, de modo que las posiciones o cuestionamientos de estos últimos raramente reciben “respuesta” de las fuentes científicas.

CONCLUSIONES

Buscamos, en este artículo, evaluar qué informaciones llegan al público sobre nanotecnología, un campo de investigación en franca expansión y sobre el cual se depositan expectativas de una próxima revolución industrial. Nos centramos en vehículos impresos de amplia difusión en el país, privilegiando las secciones

de ciencia y tecnología de los medios de información general y revistas especializadas en divulgación científica, a los cuales recurren los lectores interesados en los más recientes desarrollos científico tecnológicos. Constatamos que la información ofrecida es aún muy escasa, principalmente tomando en cuenta que Brasil consolidó, durante el período analizado, una política decisiva para el impulso de la nanotecnología, colocándola como área estratégica.

La información disponible se caracteriza por el énfasis en las visiones optimistas sobre la nanotecnología, anticipando una serie de promesas como productos más eficientes e “inteligentes”, avances impresionantes en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, una segunda revolución informática y desarrollo económico, entre otras. No hay claridad en los artículos sobre el momento en que tales promesas se traducirán en tecnologías disponibles. Aunque tienden a situarlo en el futuro, hay bastante ambigüedad en la presentación de los estadios en que se encuentran las investigaciones, siendo difícil discernir qué aplicaciones son más “realistas” y cuáles son inferencias realizadas a partir de investigaciones aún muy iniciales. Las promesas de los científicos tienden a ser magnificadas en los textos periodísticos, en títulos, destaques o figuras con tonos futuristas. Los nanorrobots para monitorear disfunciones, reparar células y genes y administrar drogas con la precisión de nanomisiles son los ejemplos más recurrentes.

La escasa divulgación de aspectos controversiales se refleja, por un lado, en que los textos no aluden a los debates internos en el campo de la nanotecnología, aunque las visiones optimistas y promesas citadas se adscriben a distintos “programas” en pugna para su desarrollo.

Por otro lado, en la mayoría de los textos, las promesas son raramente enturbiadas por efectos no deseados, riesgos, implicaciones sociales o dilemas éticos. Solamente un tercio del total de artículos analizados expone algún tipo de consideración sobre tales cuestiones, a pesar de su creciente presencia en debates científicos y envolviendo a actores no científicos.

La calidad de la información es bastante deficiente en relación con los riesgos potenciales de las nanotecnologías, un tema de crucial importancia cuya discusión se ha intensificado en los dos últimos años con la publicación de evidencias surgidas de varias investigaciones. Vimos que ciertos artículos han expuesto algunas de esas evidencias, sin embargo, la atención dada a la plaga gris confunde al lector, pues a veces se la califica de irreal y otras se la califica como riesgo real, llevando a disminuir la importancia de riesgos menos dramáticos que pueden estar ya siendo enfrentados por consumidores, trabajadores y científicos.

El aspecto menos trabajado en los artículos es el de las implicaciones sociales, económicas y éticas de las nanotecnologías. Los artículos, con pocas excepciones, tienden a reproducir concepciones lineales del desarrollo científico tecnológico,

que conduciría al desarrollo económico y al bienestar social sin mayores contratiempos. En el contexto de recurrentes conflictos ciencia-sociedad y de un país con grandes desigualdades sociales, las transformaciones sociales que se asocian a los cambios tecnológicos de envergadura deberían, sin embargo, constituir un tema de central importancia en la información pública.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Brasil (2007), “Brasil investiu cerca de R\$ 150 milhões em nanotecnologia em cinco anos”, consultado el 2 de agosto de 2008 de <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/lqes_empauta_novidades_963_agencia_brasil.pdf>.
- Amorim, Tade Ane (2008), “Nanotecnologia na imprensa. Análise do conteúdo do Jornal Folha de São Paulo”, *Tese*, vol. 4, Nº 2, pp. 20-36. Consultado el 7 abril de 2008 de <http://www.emtese.ufsc.br/vol4_2_res_art2.pdf>.
- Baker, Stephen y Adam Aston (2005), “The Business of Nanotech”, *Business Week*, 14 de febrero de 2005.
- Barras, Colin (2008), “Nanotubes’ toxic effects ‘similar to asbestos’”, *New Scientist.com*, 20 de mayo de 2008. Consultado el 7 de octubre de 2008 de <<http://www.newscientist.com/channel/health/dn13946-nanotubes-toxic-effects-similar-to-asbestos.html>>
- Bensaude-Vincent, Bernardette (2004), “Two Cultures of Nanotechnology?”, *International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 10, Nº 2, pp. 65-82.
- Berger, Michael (2007), “Debunking the trillion dollar nanotechnology market size hype”, *Nanowerk*, consultado el 5 de octubre de 2008 de <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1792.php>>
- Cientifica (2007), “Half Way to the Trillion-Dollar Market? A Critical Review of the Diffusion of Nanotechnologies”, consultado el 24 de abril de 2007 de <http://www.cientifica.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=68&Itemid=111>.
- Cutcliffe, Stephen (2003), “La emergencia de CTS como campo académico”. *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Anthropos.
- Drexler, Eric (1986), *Engines of creation*. Nueva York, Anchor Books. Consultado el 3 de abril de 2007 de <<http://www.foresight.org/EOC/Engines.pdf>>.
- Durant, John (1999), “Participatory technology assessment and the democratic model of the public understanding of science”, *Public Understanding of Science*, vol. 26, Nº 5, pp. 313-319.
- Fiedeler, Ulrich, Armin Grundwald y Christopher Coenen (2005), “Vision Assessment in the field of nanotechnology. A first approach. Paper presentado en la Conferencia Imaging NanoSpace”, Bielefeld, 11-14 de mayo de 2005. Consultado el 9 de mayo de 2007 de <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/fiua05a_abstract.pdf>.
- Grundwald, Armin (2004), “Vision Assessment as a New Element of the FTA Toolbox. New horizons and challenges for future-oriented technology analysis”. Paper presentado en

- EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting y Assessment, Sevilla, 13-14 de mayo de 2004. Consultado el 14 de marzo de 2007 de <<http://www.jrc.es/projects/fta/papers/Session%204%20What%27s%20the%20Use/Vision%20Assessment%20as%20a%20new%20element%20of%20the%20FTA%20toolbox.pdf>>.
- Invernizzi, Noela (2008), "Visions of Brazilian Scientists on Nanosciences and Nanotechnologies", *NanoEthics*, vol. 2, N° 2, pp. 133-148.
- y Guillermo Foladori (2005), "Nanotechnology and the Developing World: Will Nanotechnology Overcome Poverty or Widen Disparities?", *Nanotechnology, Law and Business*, vol. 2, N° 2, pp. 2-11.
- , Guillermo Foladori y Don Maclurcan (2008), "Nanotechnology's controversial role for the South", *Science, Technology y Society*, vol. 13, N° 1, pp. 123-148.
- Jassanoff, Sheila (2005), *Designs on Nature. Science and Democracy in Europe and the United States*, Princeton, Princeton University Press.
- Korbes, Cleci (2008), "Educação não-formal e informal em ciência e tecnologia: divulgação científica e formação de opinião sobre reprodução assistida e seus desdobramentos na Folha de S. Paulo", Dissertação de Mestrado em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Kulinowski, Kristen (2004), "Nanotechnology: From 'Wow' to 'Yuck'?", *Bulletin of Science, Technology and Society*, N° 24, pp. 13-20.
- Leite, Marcelo (2006), *As promessas do genoma*, San Pablo, Editora Unesp.
- Losch, Andréas (2008), "Anticipating the Futures of Nanotechnology: Visionary Images as Means of Communication", en Fisher, E., C. Selin y J. Wetmore, *The Yearbook of Nanotechnology in Society*, vol. I, Presenting Futures, Springer, pp. 123-142.
- Lux Research (2006), *The Nanotech Report*, 4ª ed., Nueva York, Lux Research Inc.
- Marandino, Martha *et al.* (2003), "A educação não-formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz?", paper presentado en el IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, San Pablo, Bauru, 25-29 de noviembre.
- Martins, Paulo R. *et al.* (2007), *Revolução Invisível. Desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*, San Pablo, Xamã.
- Maynard, Andrew D. (2007), "Nanoparticle Safety. A Perspective from the United States", en Hester, R. E. y R. M. Harrison, *Nanotechnology. Consequences for Human Health and the Environment*, Cambridge, RSC Publishing.
- Meridian Institute (2005), "Nanotechnology for the Poor: Opportunities and Risks", consultado el 3 de septiembre de 2005 de <<http://www.nanoandthepoor.org/NanoandPoor-NoGraphics.pdf>>.
- (2007), "Nanotechnologies, Commodities and Development", Background paper, International Workshop on Nanotechnologies, Commodities and Development, Río de Janeiro, 29-31 de mayo de 2007.
- Moor, James y John Weckert (2004), "Nanoethics: Assessing the Nanoscale from an Ethical Point of View", en Baird, D., Alfred Nordmann y Joachim Schummer (eds.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, IOS Press.
- Salamanca-Buentello, Fabio *et al.* (2005), *Nanotechnology and the Developing World*, 2 PLOS

- MED. E97. Recuperado el 4 de diciembre de 2005 de <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=15807631>>.
- Selin, Cynthia (2007), "Expectations and the Emergence of Nanotechnology". *Science, Technology and Human Values*, vol. 32, Nº 2, pp. 196-220
- Souza, Iara (2008), "Células-Tronco considerações sobre o regime de verdade e o regime de esperança", paper presentado en las VII Jornadas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Río de Janeiro, 28-30 de mayo de 2008.
- Teixeira, Mônica (2004), "Cylon Gonçalves, secretário do MCT, apresenta planos para 2005 em Nanotecnologia, Biotecnologia e Amazônia", entrevista para *Jornal da Ciência e-mail* 2670, 17 de diciembre de 2004. Consultado el 3 de septiembre de 2007 de <<http://www.jornaldaciencia.org.br/ Detalhe.jsp?id=24125>>.
- Unesco (2006), *The Ethics and Politics of Nanotechnology*, París, Unesco.
- (2007), *Nanotechnologies and Ethics. Policies and Actions*, París, Comest/Unesco.
- Wood, Stephen, Richard Jones y Alison Geldart (2003), "The social and economic challenges of nanotechnology". Londres, Economic and Social Research Council. Consultado el 25 de septiembre de 2005 de <http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Nanotechnology_tcm6-5506.pdf>.

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.

Aceptado para su publicación el 1° de febrero de 2009.