

# Divulgación de Ciencia y Tecnología: los límites del enfoque técnico en las nanotecnologías

Miguel García Guerrero y Guillermo Foladori

*Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad. Universidad Autónoma de Zacatecas. México.*  
*miguel@grupoquark.com, gfoladori@gmail.com*

[Recibido en marzo de 2015, aceptado en junio de 2015]

La divulgación de la ciencia y tecnología (C&T) representa una modalidad de comunicación dedicada a acercar temas científico-tecnológicos a personas no expertas, quienes los aprovecharán con fines diferentes a los que les dieron origen. Si reconocemos que la C&T no se producen en el vacío -sino que surgen en un contexto social específico y, además, influyen en su entorno social- los aspectos sociales de la C&T deberían ser un elemento clave para su divulgación. Sin embargo generalmente esto no es así, existe una gran diferencia entre el enfoque técnico y el enfoque social en el análisis de la C&T. La gran mayoría de los programas de divulgación reflejan un enfoque exclusivamente técnico y, por tanto, no cubren muchas de las preocupaciones y expectativas de los sectores organizados de la sociedad civil. Luego de una presentación teórica, en este trabajo ilustraremos el argumento con el caso de la divulgación de las nanotecnologías.

**Palabras clave:** Enfoques de la Divulgación; Aspectos Sociales de la Ciencia y Tecnología; Participación social en la Ciencia y Tecnología.

## Popularization of Science and Technology: the limits of the technical approach in the case of nanotechnologies

Popularization of Science and Technology (S & T) represents a form of communication intended to engage non-experts in scientific-technological subjects. If we recognize that S & T are not produced in the vacuum -but that arise in a specific social context and also influence their social environment- social aspects of S & T should be a key element for popularization. But usually this is not the case; there is a big difference between the technical approach and the social approach to the analysis of S & T. The vast majority of popularization programs reflects a purely technical approach and therefore do not cover many of the concerns and expectations of organized sectors of civil society. After a theoretical presentation, this paper will illustrate the argument with the example of the popularization of nanotechnologies.

**Keywords:** Popularization approaches; Social aspects of Science and Technology; Social participation in Science and Technology.

## Introducción

La divulgación de la ciencia y tecnología (C&T), como ámbito de la división del trabajo científico, representa una modalidad de comunicación que acerca al público no especializado, incluidos expertos de otras áreas, a temas específicos. Se trata, por lo tanto, de una especialidad que va más allá de explicar en forma sencilla lo que es aparentemente complicado. Alcívar (2004, p. 45) resume los cometidos de la divulgación de la C&T señalando que ésta divulga, selecciona, redirige, adapta y recrea un conocimiento producido en el ámbito especializado de ciertas comunidades científicas y tecnológicas para que, una vez transformado, cumpla una función social en un contexto distinto y con propósitos diferentes para una determinada comunidad.

La divulgación de C&T ha cobrado especial importancia después de la Segunda Guerra Mundial y, ante el rechazo de grupos organizados a diversas tecnologías, múltiples movimientos han cuestionado directa o indirectamente la neutralidad de la ciencia y el carácter necesariamente benéfico de las nuevas tecnologías; como los movimientos contra el uso de la energía nuclear, los ecologistas y ambientalistas, los movimientos contra el desarrollo de organismos genéticamente modificados, los críticos sobre la utilización de químicos tóxicos en

productos de consumo cotidiano. Su crítica a la C&T no surge necesariamente de la ignorancia; con frecuencia estas organizaciones cuentan con un conocimiento profundo de los elementos que rechazan, o bien tienen una experiencia acumulada de casos con consecuencias perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente, y reclaman una discusión social sobre los avances de la C&T y sus implicaciones.

El resultado de este empoderamiento de la sociedad civil organizada<sup>1</sup> frente a los efectos adversos del desarrollo de la C&T es que instituciones internacionales como las Naciones Unidas, así como dependencias nacionales en los distintos países, hayan incursionado en nuevas formas de gobernanza, al incorporar la participación del público y las organizaciones sociales a diferentes niveles y en varias instancias de discusión y decisión. Esto tiene el propósito de allanar, legitimar u orientar el camino para la introducción de nuevas tecnologías evitando, en lo posible, el conflicto.

Estas nuevas modalidades de gobernanza con participación multilateral incorporan agentes en diferentes posiciones sociales (productores, consumidores, trabajadores, administradores, investigadores), agentes que tienen diferente percepción, conocimiento, y experiencia pasada en torno a problemas complejos. Frente al supuesto de que un conocimiento básico es imprescindible para una participación razonada y responsable, y para un diálogo equilibrado entre los diferentes agentes, la divulgación de la C&T surge como un instrumento íntimamente ligado a los procesos de gobernanza, a la democratización de las decisiones en C&T, y a una más íntima relación entre C&T y sociedad.

La divulgación de la C&T involucra, como cualquier disciplina, diversos aspectos. Incluye un método pedagógico, un contenido informativo, un análisis del contexto en que se desarrolla la problemática y técnicas e instrumentos específicos para la divulgación. Pero todos estos aspectos responden, necesariamente, a marcos teóricos más generales sobre la sociedad y el desarrollo, aunque esto no aparezca siempre explícito.

En este artículo llamamos la atención sobre un aspecto que con frecuencia pasa desapercibido: la diferencia entre el enfoque técnico y el enfoque social en el análisis de la C&T. Sostenemos que la gran mayoría de los programas de divulgación reflejan un enfoque exclusivamente técnico y, por tanto, no cubren muchas de las preocupaciones y expectativas de los sectores organizados de la sociedad civil. Luego de una presentación teórica, ilustraremos el argumento con el caso de la divulgación de las nanotecnologías<sup>2</sup>.

### **La división científica del trabajo y el fin último de la actividad científica**

Con la creciente especialización de la investigación científica se observa cada vez más una subdivisión del trabajo a través de diversas disciplinas con métodos, códigos y hasta objetivos propios. Ahora bien, cada área de la ciencia tiene un fin intrínseco o propio y un fin externo o social en términos más generales. La física, por ejemplo, estudia la materia y la energía en su interacción y evolución en tiempo y espacio; la química estudia la composición y transformación de la materia; la biología estudia los seres vivos y su evolución. Pero este es el fin intrínseco de estas ciencias; todas ellas cumplen, además, con un fin externo y ulterior, y este es el propósito histórico-social o, dicho de otra forma, la razón por la cual tal ciencia o disciplina surgió, se desarrolló y aún permanece como parte de la división social del trabajo. Según el fin externo las ciencias pueden dividirse en dos grandes grupos: las ciencias naturales y las ciencias sociales o socio-humanísticas (Sánchez Vázquez, 1984).

El fin externo de las ciencias naturales es el de colaborar con el conocimiento de las leyes de la naturaleza para desarrollar las fuerzas productivas de la sociedad humana. Estas ciencias colaboran directamente con el desarrollo material, tecnológico, y con las diversas maneras en

que la sociedad humana transforma el ambiente externo para su uso; no sin generar en numerosas ocasiones resultados imprevistos y efectos perjudiciales a la propia sociedad humana y otros seres vivos. El fin externo de las ciencias sociales o socio humanísticas es el de colaborar con el conocimiento de la manera en que la propia sociedad humana se organiza, establece relaciones entre personas y grupos sociales, para facilitar el desarrollo en un determinado sentido, o bien trabarlo. Al colaborar directamente en favorecer un determinado tipo de orientación social estas ciencias traban caminos alternativos, con la consecuencia de que unos grupos o sectores sociales siempre se ven más beneficiados que otros.

El desarrollo de estos dos grandes tipos de ciencia, las ciencias naturales y las ciencias sociales, es resultado de la necesidad intrínseca de la sociedad humana en su evolución. La especie humana, como cualquier otra, requiere transformar la naturaleza externa para sobrevivir. Al hacerlo desarrolla dos tipos de relaciones simultáneamente y de manera interrelacionada, pero que pueden identificarse para fines analíticos.

Por un lado, desarrolla relaciones técnicas. Estas son las que el ser humano establece con la naturaleza externa; y para lo cual utiliza el conocimiento brindado por la experiencia y perfeccionado por el desarrollo científico y tecnológico. Son relaciones técnicas porque el proceso de transformar la naturaleza externa requiere de un conocimiento técnico del comportamiento de los fenómenos naturales, sea este aprendido mediante la práctica o el conocimiento teórico. Estas relaciones, y las ciencias que las soportan, reflejan vínculos genéricos y universales entre el ser humano como especie y la naturaleza externa. El conocimiento de la estructura de un material, o la composición química o biológica de una planta, puede brindar diversas utilidades para el ser humano, genéricamente hablando.

Por otro lado, el ser humano desarrolla relaciones sociales. Estas son las que el ser humano establece entre personas y grupos para poder emprender la transformación material de la naturaleza externa y sobrevivir. El ser humano es social, y no existe fuera de las relaciones que establece entre sus miembros. El cultivo de un determinado cereal o la construcción de una vivienda requieren de relaciones técnicas como la siembra, cosecha, arquitectura e ingeniería; pero se da en un determinado contexto de relaciones sociales como campesino o trabajador asalariado, cooperativista o trabajador por cuenta propia, empresario, arrendatario, financista, etcétera. Las relaciones técnicas dan lugar al surgimiento de las ciencias naturales, las relaciones sociales dan lugar a las ciencias sociales; aunque ambas estén tan imbricadas que muchas disciplinas a su interior impliquen contenidos de ambos tipos de relaciones.

Más allá del hecho que relaciones técnicas y relaciones sociales sean entabladas por los seres humanos, unas con la naturaleza "externa" y otras con la naturaleza "social", ambos tipos de relaciones tienen como punto de partida a la sociedad humana. Sin embargo, la perspectiva de la sociedad humana que asume cada rama de esta gran subdivisión de las ciencias es diferente.

En el caso de las ciencias naturales la sociedad es considerada homogénea, porque el objetivo es la interacción del ser humano, genéricamente hablando, con la naturaleza externa. El objetivo es que el ser humano pueda transformar el hierro en acero; no si esta transformación es realizada en industrias corporativas, en industrias del estado, en industrias cooperativas, en determinados países o dónde está geográficamente ubicada la fundición.

En el caso de las ciencias sociales la sociedad es considerada heterogénea y ubicada en tiempo y espacio. El objetivo es que se pueda organizar a los diferentes sectores y grupos sociales en un determinado sentido, considerando quién comanda el proceso técnico y quién lo ejecuta, quién es propietario o usufructuario de los instrumentos y medios de producción, la participación en los procesos productivos según sexo y edad, las formas legales de regulación, patentes y otras cuestiones.

Las ciencias naturales y las ciencias sociales muestran sólo una faceta de la actividad humana, aunque en la realidad ambas facetas estén indisolublemente compenetradas.

Tomemos como ejemplo una tecnología que convierte al trabajo en más eficiente y productivo, como el uso generalizado de la informática en los servicios financieros y bancarios en los años noventa. Las ciencias naturales ayudaron al conocimiento y aplicación más eficiente del manejo de datos en tiempo y espacio. Por su parte, las ciencias sociales han mostrado las implicaciones de esas nuevas tecnologías en los costos empresariales, en los requerimientos de calificación del trabajo, en el impacto sobre el empleo o desempleo, en la redistribución de la división del trabajo, etcétera.

Resulta lógico que los científicos naturales que hacen divulgación de C&T privilegien el aspecto correspondiente a sus propias ciencias y disciplinas. Así, mientras ellos divulgan C&T acentuando las relaciones técnicas, los científicos sociales divulgan C&T acentuando las relaciones sociales. Incorporar los dos tipos de relaciones en la divulgación de la C&T no es sencillo, requiriendo, por lo regular, un trabajo interdisciplinario y la capacidad para incorporar diferentes formas de pensamiento en el proceso de divulgación.

A medida que las tecnologías se vuelven más complejas resulta casi natural que los científicos relacionados con los aspectos técnicos (naturales) sean quienes realicen la tarea de divulgarlas. Más aún, es común escuchar que sólo los científicos involucrados en la I&D de las nuevas tecnologías tienen la capacidad (conocimiento) para divulgarlas. Sin embargo, a la vista de la explicación teórica previa esto sería un grave error, porque pierde de vista todo un ámbito de relaciones sociales que escapa a su dominio académico. Así como también es un error pensar que alguien con formación exclusivamente social puede abordar el tema en su totalidad. Es preciso la interacción entre científicos de diferentes ámbitos para poder abordar los temas de forma integral. En lo que sigue aplicaremos este enfoque teórico al caso de la divulgación de las nanotecnologías.

## Método

Hemos elaborado un marco teórico que explica cómo las tecnologías son resultado de relaciones sociales que tienen un doble carácter y, aunque aparecen como una unidad, pueden individualizarse por medio de la abstracción en relaciones técnicas y relaciones sociales. Esta conceptualización es también válida para distinguir a las ciencias naturales de las ciencias sociales, en la medida en que las primeras tienen como ámbito de estudio a las relaciones técnicas mientras que las segundas a las relaciones sociales. El resultado nos ofrece un instrumental teórico explicativo de los límites de la divulgación de la C&T que se ajusta a criterios técnicos, que es la modalidad más común en las estrategias de divulgación.

Para aplicar esta teoría a un caso concreto de divulgación de C&T, utilizamos dos conceptos: el de ausencia y el de equilibrio.

Por ausencia nos referimos a aquellos aspectos omitidos o no contemplados (Santos, 2006). Las ausencias se manifiestan cuando no se cuestiona si es necesario el desarrollo de la tecnología en cuestión, o si ésta pueda tener alternativas tecnológicas para satisfacer las mismas necesidades. Estas ausencias colocan a la divulgación de una nueva tecnología en la situación ideológica de inevitabilidad. Al no discutir la posibilidad de evitar la tecnología o de utilizar otros caminos tecnológicos el discurso de divulgación lleva la impronta -no necesariamente explícita- de darla por hecho, como una situación no creada por la sociedad humana sino dada, y sin vuelta atrás<sup>3</sup>. Esta ausencia es explícita cuando no se analizan las implicaciones sociales de la tecnología, como las que tienen que ver con la potencial concentración del poder económico asociado, con las implicaciones sobre el empleo, con la

calificación del trabajo y muchas otras. Se argumenta que esas cuestiones no tienen que ver con la tecnología, sino con cómo se aplica, como si la sociedad pudiese desarrollar relaciones técnicas fuera de un contexto social, o si el contexto social pudiese cambiar sin modificar las relaciones técnicas; en cualquier caso el argumento refleja una visión parcial y limitada de la manera como la sociedad humana evoluciona.

Por equilibrio, nos referimos al extendido procedimiento de divulgar nuevas tecnologías utilizando la dicotomía entre lo que es bueno y lo que es malo (beneficio vs perjuicio), colocando a la tecnología como neutra, y posible de implementarse cuando la balanza se equilibra o pesa más el lado del beneficio. El punto de partida de este principio de equilibrio es que cualquier tecnología implica beneficios, pero también perjuicios. De lo que se trata es de potenciar los primeros y mitigar o compensar los segundos. Este enfoque suele incluir en los beneficios los aspectos técnicos y algunos económicos, mientras que en los perjuicios se incluyen sólo los riesgos técnicos a la salud y el medio ambiente, que pueden ser también técnicamente controlados, mitigados o compensados. Raramente se abordan riesgos asociados a las relaciones sociales de producción, como las implicaciones en la división social del trabajo, en el empleo, en la brecha Norte-Sur. Al introducir riesgos asociados a las relaciones sociales queda en evidencia que cualquier cambio tecnológico siempre favorece determinados sectores y perjudica otros, no hay balance ni neutralidad posible. Es común que quienes se ven afectados sean quienes menos oportunidad tengan de acceder a los beneficios; el consumidor del producto de una tecnología no recibe el mensaje de igual forma que el trabajador expuesto a los riesgos del proceso de producción. Corresponde ahora analizar la manera como esta reflexión teórica y metodología se puede ejemplificar con las nanotecnologías.

## La divulgación de las nanotecnologías

Las nanotecnologías engloban una serie de avances que tienen la característica común de manipular la materia a escala atómica y molecular. Su novedad e importancia surge del hecho de que la materia a escala de 1 a 100 nanómetros manifiesta propiedades físico-químicas y biológicas diferentes en muchos casos respecto a aquellas que tiene tamaño mayor. Esto, aunque conocido desde las primeras décadas del siglo XX, sólo pudo investigarse y experimentarse de manera regular y sistemática una vez que se desarrollaron los instrumentos para poder visualizar, medir, manipular y procesar la materia a tal escala. El comienzo de este proceso fueron los microscopios de proximidad desarrollados a mediados de los años ochenta.

A diferencia de otras revoluciones tecnológicas que centraron su cambio en la fuente de energía (vapor, electricidad, motor de combustión interna) o en la transmisión de información (telégrafo, informática, satélites artificiales) y que por lo mismo estaban relativamente acotadas a las esferas donde tales actividades podían desarrollarse, las nanotecnologías tienen como centro el cambio en la propia materia. La materia es requisito para cualquier actividad humana, por ello las nanotecnologías constituyen una revolución tecnológica que se va incrustando en todos los sectores de la economía.

Además del carácter facilitador de las nanotecnologías (*enabling technologies*) hay un aspecto de gran trascendencia para cuestiones de divulgación: la escala de tamaño es invisible al ojo humano y muy difícil de dimensionar (¿qué es algo 70 mil veces menor que el diámetro de un cabello humano?). Además es un tamaño donde la diferencia entre ser vivo y no vivo deja de tener significado. Por estas razones el divulgador de nanotecnologías tiene el reto de enfrentar implicaciones e impactos muy diferentes a los acostumbrados, tanto en amplitud como profundidad y percepción. La divulgación de las nanotecnologías no puede abordarse de la misma forma que cualquier otro tema de C&T con el público no especializado, tiene una mayor riqueza conceptual y, por tanto, complejidad “porque implica la comunicación de una

gran cantidad de conceptos no manejados por el público, pero necesarios para su comprensión" (Sánchez-Mora y Tagüeña, 2011, p. 89).

Existe, todavía, otro aspecto del desarrollo de las nanotecnologías que aunque no tiene que ver con ellas en sí mismas tiene que ver con el contexto socio-histórico en que se han desarrollado y no puede ser menospreciado. A partir del siglo XXI, las nuevas tecnologías reciben el estado de conciencia, crítica social y conflictos entre ciencia, tecnología y sociedad resultado de un largo proceso de casi medio siglo de reivindicaciones sociales contra algunos desarrollos en C&T. Es el caso de la energía nuclear, del consumo de hidrocarburos y sus efectos sobre el medio ambiente, de los pesticidas agrícolas, de la difusión de plásticos y otros químicos y su manifestación tóxica en miles de artículos de consumo cotidiano, del desplazamiento de trabajadores por causa de la automatización e informatización de procesos productivos y de servicios, de la introducción de alimentos y otros vegetales genéticamente modificados. Un ejemplo actual del desarrollo de una nueva tecnología y el rápido rechazo por parte de la población en diferentes países y sectores sociales es el de la fractura hidráulica, una técnica para extracción de gas y petróleo mediante la inyección a presión de agua mezclada con arena y sustancias químicas. Esta técnica ha levantado protestas, manifestaciones y movilizaciones populares al extremo de prohibirse en diversos estados de los Estados Unidos, Canadá, y otros países, y los reclamos se han manifestado de forma independiente, mediante organizaciones ambientalistas, organizaciones legales y otras muchas modalidades<sup>4</sup>.

Estos ejemplos del contexto de relaciones sociales en que se desarrolla una tecnología son tan importantes para el divulgador científico como la C&T explícitamente comprometida; ya que de otra manera la divulgación sería una actividad puramente a-histórica y descontextualizada.

A partir de la revisión y análisis de varias estrategias de divulgación de las nanotecnologías hemos elaborado el siguiente esquema que resume el patrón de argumentación<sup>5</sup>: Las líneas claras corresponden a proyectos de divulgación de académicos y científicos; las líneas sombreadas a organizaciones sociales.

**Tabla 1.** Clasificación de temas relativos a relaciones técnicas y relaciones sociales en estrategias de divulgación y en textos de organizaciones civiles.

Fuente	Relaciones técnicas	Relaciones sociales		
		Mercado: competitividad	Propiedad: concentración económica & patentes	Trabajo: empleo / desempleo calificación
La ciencia para todos		X		
FEC&T	X	X		
Scientific American				
ETC group	X		X	X
FoE-A	X		X	X
ETUC	X			X
IUF	X		X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de: ETC Group (2003, 2005), Friends of Earth-Australia (Miller & Senjen, 2006, 2008), Greenpeace (Johnston, Santillo, Hepburn, & Parr, 2007), ETUC (2008, 2010), IUF (2007).

Salta a la vista la diferencia entre las preocupaciones y expectativas que surgen del análisis de textos elaborados por ONGs y sindicatos (líneas sombreadas) de las elaboraciones de científicos y académicos (líneas claras).

Para efectos de esta comparación hemos revisado tres ONGs y alianzas de ONGs y dos federaciones de sindicatos; que son aquellas que a nivel mundial comenzaron a divulgar

información sobre las nanotecnologías<sup>6</sup>. Los proyectos de divulgación corresponden a tres países y a instituciones científico-académicas reconocidas en la materia. La principal diferencia resulta en la interpretación de los riesgos, por lo cual omitimos el ámbito de los beneficios.

La tabla 1 identifica los temas abordados en los proyectos de divulgación y en los textos de las organizaciones civiles, y clasificados según correspondan a las relaciones técnicas o a las relaciones sociales, siguiendo la metodología previamente expuesta en relación con las ausencias sociológicas y el principio de equilibrio. La gran cantidad de temas tratados se agrupó por su proximidad teórica; así empleo/desempleo junto con calificación laboral que es un elemento básico del empleo, y concentración económica con patentes que se utilizan como indicador de concentración; por último, se aisló competitividad porque generalmente no se asocia con indicadores y, además, se utiliza ampliamente en los programas y declaraciones oficiales. Se omitieron una serie de temas como las implicaciones legales, éticas, militares, de seguridad, políticas públicas, transparencia y otras que no han sido centro de atención por la mayoría de los proyectos analizados<sup>7</sup>.

Bajo la columna de relaciones técnicas hemos incluido solamente los riesgos a la salud o al medio ambiente. Se trata de relaciones técnicas porque tienen que ver con el impacto de las nanotecnologías en el cuerpo humano o en el ambiente externo. Se contempla este tema, aunque bajo diferentes enfoques, en algunos materiales de divulgación de las nanotecnologías y, también, en los documentos de organizaciones civiles. En parte esto es resultado de que las mayorías de las iniciativas y programas públicos de incentivo a las nanotecnologías recogen la necesidad del análisis de riesgo. En algunos casos, bajo el acrónimo de estudios ELSI o ELSA (ethics, legal, social aspects/issues) se extiende la preocupación por los impactos a aspectos de las relaciones sociales, como los legales, éticos. Pero esto es siempre marginal.

Se presenta la diferencia cuando se abordan las relaciones sociales en las cuales el desarrollo de las nanotecnologías se manifiesta. Una forma de agrupar los muy diferentes aspectos que abarcan las relaciones sociales es en tres grandes grupos que tienen que ver con el nivel en que se desarrollan las relaciones económicas: mercado, propiedad y trabajo<sup>8</sup>.

El concepto de competitividad ha ganado relevancia en la discusión sobre nanotecnologías. Prácticamente todas las iniciativas nacionales, desde la estadounidense y pasando por los programas de C&T de los países de América Latina, ponen a las nanotecnologías como área estratégica para mejorar la competitividad del país y, consecuentemente, el desarrollo (Foladori, 2013). No debe sorprender, entonces, que este argumento también aparezca en algunos proyectos de divulgación de las nanotecnologías<sup>9</sup>. Infelizmente en estos programas no existe argumento para sostener la relación competitividad-desarrollo antes bien se da por supuesto que un aumento de la competitividad significa mayor desarrollo. Se trata de un claro ejemplo de cómo se utiliza la dicotomía beneficio contra perjuicio, acentuando exclusivamente la parte supuestamente positiva de los beneficios o utilizando el concepto de competitividad como positivo por sí mismo.

Una vez que se abandona el ámbito del mercado van desapareciendo referencias al contexto de las relaciones sociales; en los proyectos de divulgación desaparecen totalmente, incluso el abordaje histórico de los avances técnicos es muy limitado, con lo que resaltan las ausencias en términos sociológicos. No es así en los documentos de las organizaciones civiles; tanto ONGs como sindicatos incorporan dos temas que consideran de trascendencia. El tema de la concentración económica -generalmente ejemplificada con la concentración de patentes en países e instituciones/empresas- aparece explícitamente expuesta en los documentos del ETC Group (2003), en los de Friends of Earth-Australia (Miller & Senjen, 2008), en los de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agricultura y Afines (Iglesias, 2007; IUF, 2007).

Otro tema también abordado por algunas ONGs y sindicatos es el riesgo de pérdida de empleos por desplazamiento de fuerza de trabajo como ocurre con la mayoría de las altas tecnologías (Heilbroner, 1962; Joy, 2000)<sup>10</sup>. Se elaboró un documento relativo al tema por el ETC Group (2005) sugiriendo la potencial pérdida de empleo de países exportadores de materias primas, y una posición semejante está presente en documentos de Friends of Earth Australia (Miller & Senjen, 2006) y de la IUF (Iglesias, 2007). Por su parte la ETUC se mostró preocupada por las nuevas calificaciones de trabajo que las nanotecnologías podrían demandar (ETUC, 2010).

La inclusión de un tema, sea técnico o social, no basta para caracterizar el enfoque de las estrategias de divulgación; también es de importancia el cómo se abordan los temas. El análisis de ausencias, registrado en la tabla 1 deja clara la perspectiva de algunas estrategias. Sin embargo aún aquellas que incluyen todos los temas no los abordan con el mismo énfasis. Entra entonces en juego el principio de equilibrio, del balance que el material presenta entre beneficios y perjuicios.

Como se señaló, los balances que se puedan buscar entre ventajas y desventajas de una nueva tecnología resultan superfluos cuando se plantean a nivel social ya que son comúnmente actores diferentes los que asumen los riesgos y quienes gozan los beneficios. El enfoque con que se aborda el equilibrio depende de los intereses de los actores, destacando el sector privado, el gobierno, la academia y las organizaciones sociales (Berube *et al.*, 2010, pp. 23-24). Al resaltar ciertos aspectos se inducen ciertos valores o juicios en el receptor del mensaje y se incide en la forma en que las personas perciben un problema y sus consecuencias (Lively *et al.*, 2012, p. 226).

Combinamos la metodología propuesta por Macnaghten (2010, p. 28) y Lively y colaboradores (2012, pp. 227-229) para construir una tipología de 5 niveles de valoración aplicados a las nanotecnologías. Estos son:

- i) Utopía. Las nanotecnologías van a extender y transformar las capacidades humanas físicas y sensoriales para trascender las restricciones naturales;
- ii) Avance posible. Las nanotecnologías podrían contribuir a hitos esperados por medio de trayectorias existentes en múltiples sectores y esferas de aplicación;
- iii) Riesgo genérico. Posibles peligros asociados a las nanotecnologías; podría haber un costo pero no demanda una regulación;
- iv) Regulación. Introduce procesos políticos de forma explícita, al enfatizar la necesidad de acción gubernamental para proteger al público; y,
- v) Conflicto. Destaca las disputas entre intereses de diferentes actores, y se abordan cuestiones políticas.

La tabla 2 resume los resultados de la aplicación de la tipología a los documentos analizados.

Encontramos una marcada línea entre el panorama halagüeño, con muy poca presencia de riesgos, que presentan las estrategias vinculadas con organizaciones académico-científicas (líneas claras) y la preocupación que manifiestan las diferentes organizaciones sociales en sus documentos (líneas sombreadas). Mientras que las primeras parecen orientadas a convencer de la mejoría en la calidad de vida resultado de las nanotecnologías, las segundas buscan detonar una exigencia internacional por medidas precautorias y de regulación.



**Tabla 2.** Balance del contenido de los enfoques.

<b>Fuente / Enfoque</b>	<b>Utopía</b>	<b>Avance Posible</b>	<b>Riesgo Genérico</b>	<b>Regulación</b>	<b>Conflicto</b>
La ciencia para todos		X			
FEC&T			X		
Scientific American		X			
ETC group					X
FoE-A				X	
ETUC				X	
IUF				X	

Elaboración propia a partir de: ETC Group (2003, 2005), Friends of Earth-Australia (Miller & Senjen, 2006, 2008), Greenpeace (Johnston, Santillo, Hepburn, & Parr, 2007), ETUC (2008, 2010), IUF (2007).

Puede notarse que la diferencia entre los documentos correspondientes a las líneas claras y las sombreadas está en el enfoque sobre las relaciones técnicas en el primer caso (avance posible y riesgo genérico) y el énfasis en las relaciones sociales en el segundo (regulación y conflicto).

## Conclusiones

Existe una desconexión entre la manera como las estrategias de divulgación abordan las nanotecnologías y los intereses de los diferentes sectores sociales que se manifestaron sobre el tema. En gran medida esto se debe a que la divulgación es realizada por especialistas que se centran en un abordaje técnico del tema, sin contemplar los aspectos sociales asociados a estos avances.

Para involucrar a los diferentes sectores sociales en la agenda nanotecnológica es necesario un trabajo multilateral que incorpore perspectivas diferentes basadas no solamente en planteamientos científicos sino también en experiencias históricas. Para ello se deben establecer colaboraciones entre especialistas técnicos, científicos sociales y sectores interesados -como ONG's y sindicatos- para construir estrategias que capten a las nanotecnologías en su riqueza incorporando los elementos técnicos que las hacen importantes, así como los diferentes aspectos socio-históricos y económicos que las hacen posibles.

## Referencias bibliográficas

- Alcíbar, Miguel (2004). La Divulgación Mediática de la Ciencia y la Tecnología como Recontextualización Discursiva, *Anàlisi: Quaderns de comunicació i cultura*, (31), pp. 43–70.
- Berube, D., Faber, B., Scheufele, D., Cummings, C., Gardner, G., Martin, K., Martin, M. y Temple, N. (2010). *Communicating Risk in the 21st Century: The Case of Nanotechnology*. Recuperado de: <http://www.steptoe.com/assets/htmldocuments/Communicating%20Nano%20Risk%2020100218.pdf>
- ETC Group (2003). The Big Down: Atomtech - Technologies Converging at the Nano-scale. ETC (Erosion Technology and Concentration). Recuperado de: <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=375>
- ETC Group (2005). Report Prepared for the South Centre - The Potential Impacts of Nano-Scale Technologies on Commodity Markets: The Implications for Commodity Dependent Developing Countries. ETC group (Action Group on Erosion,

- Technology and Concentration). Recuperado de: <http://www.etcgroup.org/en/node/45>
- ETUC (2008). ETUC resolution on nanotechnology and nanomaterials. ETUC (European Trade Union Confederation). Recuperado de: [http://www.etuc.org/IMG/pdf\\_ETUC\\_resolution\\_on\\_nano\\_-\\_EN\\_-\\_25\\_June\\_08.pdf](http://www.etuc.org/IMG/pdf_ETUC_resolution_on_nano_-_EN_-_25_June_08.pdf)
- ETUC (2010, December). ETUC 2nd resolution on nanotechnologies and nanomaterials. European Trade Union Confederation. [www.etuc.org](http://www.etuc.org)
- Eurostat. (n.d.). High-tech statistics - Statistics Explained. Retrieved November 11, 2014. Recuperado de: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/High-tech\\_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/High-tech_statistics)
- Foladori, G. (2013). Nanotechnology Policies in Latin America: Risks to Health and Environment. *Nanoethics*, 7(2), 135–147. doi:10.1007/s11569-013-0178-2
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2008). *Nanociencia y nanotecnología: entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*, FEC&T.
- Gereffi, G. (2014). Global value chains in a post-Washington Consensus world. *Review of International Political Economy*, 21(1), 9–37.
- Hecker, D. (2005). High-technology employment: a NAICS-based update. *Monthly Labor Review*, 57–72.
- Heilbroner, R. L. (1962). The Impact of Technology: The historical Debate. En: *Automation and Technological Change* (Dunlop, John T., pp. 7–25). Englewood Cliffs, NJ.: Prentice Hall.
- Iglesias, E. (2007). Perigos e Desafios das Nanotecnologias. Sao Paulo. Recuperado de: <http://slideplayer.com.br/slide/1836153/>
- IUF. (2007a). IUF resolution on nanotechnologies. IUF (International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations). Recuperado de: <http://www.iufdocuments.org/rc2007/en/RC03%20Draft%20resolutions.pdf>
- IUF. (2007b). IUF resolution on nanotechnologies. IUF (International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations). Recuperado de: <http://www.iufdocuments.org/rc2007/en/RC03%20Draft%20resolutions.pdf>
- IUF. (2007c). IUF resolution on nanotechnologies. IUF (International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations). <http://www6.rel-uita.org/sindicatos/congreso-uita-2007/resoluciones/resolucion-nano.htm>
- Johnston, P., Santillo, D., Hepburn, J., & Parr, D. (2007, February 26). Nanotechnology. Policy & Position Paper. Recuperado de: <http://www.greenpeace.org/denmark/Global/denmark/p2/other/report/2007/nano-technology-policy-positi.pdf>.
- Joy, B.(2000). Why the future doesn't need us? *Wired*. Recuperado de: <http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html>
- Kahn, J. (2012, June 27). In Ohio the people push back on fracking. <http://joshuakahnruddell.wordpress.com/category/demonstrations/>

- Keep Tap Water Safe. (2014, June 9). List of Bans Worldwide. Recuperado en: <http://keaptapwatersafe.org/global-bans-on-fracking/>
- Lively, Erica, Conroy, Meredith, Weaver, David y Bimber, Bruce (2012). News media frame novel technologies in a familiar way. *Nanotechnology, applications and progress*, 223–240, En: Harthorn y Mohr, *The social life of nanotechnology*, Routledge.
- Macnaghten, Phil (2010). Researching technoscientific concerns in the making: narrative structures, public responses, and emerging nanotechnologies, *Environment and Planning A*, 42(1): 23–37.
- Mathiesen, K. (2014, August 11). Does fracking reduce house prices? *The Guardian*. Johnston, P., Santillo, D., Hepburn, J., & Parr, D. (2007, February 26). Nanotechnology. Policy & Position Paper. Recuperado de: <http://www.greenpeace.org/denmark/Global/denmark/p2/other/report/2007/nanotechnology-policy-positi.pdf>
- Joy, B. <http://www.theguardian.com/environment/live/2014/aug/11/does-fracking-reduce-house-prices>
- Miller, G., & Senjen, R. (2006, September). The disruptive social impacts of nanotechnology. Friends of Earth-Australia. Recuperado de: <http://emergingtech.foe.org.au/152/>
- Miller, G., & Senjen, R. (2008). “Out of the Laboratory and into the Food Chain: Nanotechnology in Food and Agriculture.” Friends of Earth-Australia. Recuperado de: [www.foe.org/pdf/nano\\_food.pdf](http://www.foe.org/pdf/nano_food.pdf).
- NSF. (1988). Science and Technology Resources in U.S. Industry. Special Report. Arlington, VA: National Science Foundation
- Patel, T., & Viscusi, G. (2013, October 11). France’s Fracking Ban “Absolute” After Court Upholds Law. Recuperado de: <http://www.bloomberg.com/news/2013-10-11/fracking-ban-upheld-by-french-court-as-constitutional.html>.
- Sánchez-Mora, Carmen & Tagüeña, Julia (2011), Divulgación Y Formación En Nanotecnología En México. *Mundo Nano*, 4(2): 83–100.
- Sánchez Vázquez, A. (1984). La ideología de la “neutralidad ideológica” en ciencias sociales. En: *Ensayos marxistas sobre filosofía e ideología* (pp. 139–164). México D.F.: Océano.
- Santos, B. de S. (2006). *Renovar la teoría crítica y reinventar la emancipación social: encuentros en Buenos Aires* (1. ed.). Buenos Aires: CLACSO: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Sociales, Instituto de Investigaciones Gino Germani.
- Scientific American (2002). *Understanding Nanotechnology*. New York: Grand Central Publishing.
- Takeuchi, Noboru. (2009). *Nanociencia y nanotecnología: la construcción de un mundo mejor átomo por átomo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- UN Expert Committee (2014, October 30). UN Experts: Pentachlorophenol should be eliminated globally Agrees that DecaBDE flame retardant is one of the world’s worst chemicals [IPEN: Immediate Release]. Recuperado de: <http://www.ipen.org/documents/un-experts-pentachlorophenol-should-be-eliminated-globally>
- Wikipedia. (2014, July 27). Hydraulic fracturing by country. In *Wikipedia, the free encyclopedia*. Recuperado de: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hydraulic\\_fracturing\\_by\\_country&oldid=618695115](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hydraulic_fracturing_by_country&oldid=618695115)

- [1] Utilizamos el concepto de sociedad civil organizada como las relaciones y fuerzas resultantes de organizaciones que son independientes de la política estatal.
- [2] Se utiliza aquí el término nanotecnologías englobando en él a las nanociencias.
- [3] Muchos productos y tecnologías pueden substituirse por otros menos perjudiciales a la salud o al medio ambiente. Se trata de un reconocimiento que los especialistas en químicos tóxicos conocen plenamente. En octubre de 2014, por ejemplo, el comité de expertos que asesora la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, recomendó la prohibición del pentachlorophenol y señaló que existía amplia disponibilidad de alternativas no químicas para la misma función (UN Expert Committee, 2014).
- [4] A efectos de las movilizaciones y prohibiciones véase, entre otros, (Kahn, 2012; Keep Tap Water Safe, 2014; Mathiesen, 2014; Patel & Viscusi, 2013; Wikipedia, 2014).
- [5] Los proyectos analizados fueron el libro “Nanociencia y nanotecnología” de Noboru Takeuchi publicado por la colección “La ciencia para todos”, la Unidad Didáctica “Nanociencia y nanotecnología” de la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FEC&T) y “Understanding Nanotechnology” de los editores de Scientific American.
- [6] Las ONGs son: ETC group (2003), Friends of Earth-Australia (2008) y Greenpeace (Johnston, Santillo, Hepburn, & Parr, 2007). Las federaciones de sindicatos fueron ETUC (2008, 2010) y IUF (2007).
- [7] Hay excepciones como el reiterado tratamiento del tema militar en los documentos del ETC Group.
- [8] Dejamos de lado en este caso las cuestiones jurídicas, éticas, y culturales en general.
- [9] La relación entre industrias de alta tecnología, innovación, incremento de la competitividad y desarrollo es difícil de fundamentar, a pesar de la estrecha conexión en el discurso económico (Eurostat, n.d.; NSF, 1988). La relación entre alta tecnología e innovación no es mecánica ni perfecta como indicador de desarrollo. Países que arman partes de productos importados y que luego se exportan como productos finales aparecen como industrias de alta tecnología, cuando en realidad buena parte del valor correspondiente a la I&D puede haber sido realizado fuera del país, y en éste sólo el ensamblado o maquila (Gereffi, 2014).
- [10] In U.S. “Employment in high-tech industries increased 7.5 percent over the 1992-2002 period, compared with 19.7 percent for the economy as a whole...” .....“During same period, high-tech employment declined from 12.2 percent to 11 percent of total employment. Projections for the 2002-2012 period show high-tech employment continuing to grow more slowly than the economy overall, at 11.4 percent compared with 16.5 percent” (Hecker, 2005, p. 59).