

## La mesa de tres patas, o cómo negociar el arco iris: NANOMAC y las plataformas de preocupación en nanotecnología

### *The three legged table, or how to negotiate the rainbow: NANOMAC and the platforms of preoccupation on nanotechnology*

Juan Sánchez García \*

El proyecto NANOMAC es una apuesta del plan I+D+i del Gobierno de Canarias para el área de la nanotecnología. Un área que suscita interrogantes científico-técnicos y ético-sociales desde distintas plataformas que abarcan desde el ámbito gubernamental al mundo de las aseguradoras, pasando por el sector de la salud y los riesgos laborales y los sectores ecologista y de la sociedad civil. El objetivo de este trabajo es identificar un espacio de opciones para la investigación en NANOMAC a partir de aquellos interrogantes y de la capacidad investigadora identificada en los grupos de investigación que configuran el proyecto estructurante. La propuesta se hace desde una posición de dramaturgo tecnológico, aquel que siempre recuerda que no hay ganancia sin pérdida. Dichas plataformas se identifican con fuerzas que proporcionan motivaciones al cambio técnico, pudiendo empujar la actividad investigadora en direcciones específicas. El objetivo es persuadir a los responsables de NANOMAC para que recojan el reto que suponen esas fuerzas, se identifiquen con ellas y empujen la investigación en la dirección apuntada por los distintos interrogantes. Varias metáforas proporcionan una manera idónea de percibir y abordar el reto al calor de la metodología puesta en marcha por los responsables de NANOMAC para su consolidación.

225

**Palabras clave:** nanotecnología, metáfora, estrategia investigadora, plataformas de preocupación

*Created by the Government of the Canary Islands, the NANOMAC project is a venture into the area of nanotechnology through its R&D+i plan. Nanotechnology raises many scientific-technological and ethical-social questions from different platforms spanning the areas of government, insurers, health and occupational risks, as well as the environmentalist sector and civil society. The goal of this work is to identify research options in NANOMAC from those questions and the research capacity of the research groups participating in the structural project. The proposal is made from the position of technological dramaturge, which always reminds us that nothing is gained without loss. These platforms identify with forces that motivate technical change and can push the research in specific directions. The objective is to persuade those in charge of NANOMAC to take up the challenge posed by those forces, to identify with them and to push the research in the direction indicated by the different questions. Various metaphors provide an ideal way to perceive and confront the challenge from the methodology implemented by those in charge of NANOMAC for its consolidation.*

**Key words:** nanotechnology, metaphor, research strategy, platforms of preoccupation

\* Profesor del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de La Laguna. Correo electrónico: jusangar@ull.es. El autor agradece a los compañeros de GRISON, J.M. de Cózar, C. Barroso y A. Núñez por sus comentarios sobre una versión previa de este trabajo.

## El proyecto estructurante NANOMAC <sup>1</sup>

NANOMAC (Nanociencia, Nanotecnología y Materiales Avanzados) es un proyecto impulsado en 2009 por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias (ACIISI). Surge con la idea de facilitar el intercambio y la transferencia de conocimientos entre los distintos agentes del sistema de ciencia-tecnología-empresa, de manera que se fomente la cooperación entre ellos. Sus objetivos específicos son: convertir a los grupos e investigadores participantes en un futuro núcleo de referencia internacional en el área de los materiales con alto impacto tecnológico; convertirse en un polo de atracción tanto para los nuevos profesionales que demanden formación como para investigadores establecidos que necesiten complementar su actividad; y convertirse en un referente nacional de la industria innovadora de base tecnológica con particular incidencia en la escala nanoscópica y otras temáticas emergentes de materiales.

Los pasos dados hasta ahora por NANOMAC se han centrado en asegurar su viabilidad y su difusión. Para ello ha constituido un consejo gestor; ha formalizado convenios para la financiación asociada a la dirección; ha solicitado proyectos nacionales (acciones complementarias, subprograma de actuaciones científicas y tecnológicas en parques científicos y tecnológicos -INNPLANTA- y apoyo a plataformas tecnológicas -INNFLUYE) y proyectos europeos (las iniciativas europeas “Potencial de Investigación” y “Regiones del Conocimiento” y la acción europea “Marie Curie”); ha llevado a cabo un estudio de viabilidad para la instalación de un centro científico-tecnológico en nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados; ha presentado el proyecto en los ámbitos regional, nacional e internacional a través de foros de innovación, elaboración de paneles, dípticos y página web; está presente en las redes sociales; y, especialmente, ha iniciado acciones para constituir la masa crítica de los grupos de investigación de NANOMAC, elaborando el mapa de situación del área.

226

NANOMAC pone el acento en la transversalidad en diferentes ámbitos:

- En el de la investigación, fomentando la creación de grupos temáticos multidisciplinares e interinsulares de I+D. Una vez realizado el mapa de situación del área a partir de los grupos de investigación adheridos al proyecto se puso de manifiesto la transversalidad, lo que permitió que pudiera trabajarse en el campo de la nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados abordando temas tales como agua, energía, salud y biotecnología, entre otros. “Incluso tienen cabida los temas sociales y económicos”, como apunta el acta de las I Jornadas de NANOMAC, por lo que la multidisciplinariedad se convierte en un punto vital para el desarrollo del proyecto.

1. Una buena parte de la información proporcionada en este epígrafe proviene de material de las páginas web de NANOMAC (<http://pe.itccanarias.org/nanomac/>), de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias, ([http://agencia.itccanarias.org/es/actuaciones/2010/actuacion\\_proyectos\\_estructurantes/sub\\_pe\\_nanomac.jsp](http://agencia.itccanarias.org/es/actuaciones/2010/actuacion_proyectos_estructurantes/sub_pe_nanomac.jsp)) y de presentaciones del proyecto (<http://www.slideshare.net/aciisi/presentacion-nanomac>).

- En el de la formación, formando investigadores de la máxima competencia a través de un máster (mención de calidad) y doctorado (mención de excelencia) en nanociencia y nanotecnología molecular. Una formación que pretende contribuir al fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de la Comunidad Autónoma de Canarias.

- En el del sector industrial, identificando y contactando con empresas; identificando sus necesidades; estableciendo un directorio de conocimientos o capacidades por contenidos dentro del proyecto; e identificando capacidades de transferencia de tecnología. En esta línea la ACIISI ha impulsado en el marco de los proyectos estructurantes la creación de la Plataforma Tecnológica de Canarias (PTC), una herramienta para maximizar el aprovechamiento de los recursos de desarrollo, cooperación e internacionalización, atendiendo a las especificidades de las empresas de las Islas.

Un hito en la búsqueda de transversalidad en la investigación han sido las I Jornadas NANOMAC y la metodología para su puesta en marcha.<sup>2</sup> Desde el inicio del proyecto su directora planteó la necesidad de realizar unas jornadas donde cada grupo de investigación que colaborase en NANOMAC expusiese sus líneas de trabajo con el fin de que todos los investigadores que desearan formar parte del proyecto conociesen la investigación desarrollada por los otros grupos. La necesidad de contacto se hace más patente a partir de la elaboración del mapa del área, ya que dicho mapa confirmó la diversidad de sectores en los que trabajan los grupos adheridos. Para seguir profundizando en la transversalidad como herramienta de trabajo se envió a cada grupo de investigación un cuestionario con los siguientes ítems de información: nombre del grupo de investigación; investigador principal; número de investigadores; entidades a las que estuviesen vinculados; líneas de investigación actuales; ejemplos sobre la investigación desarrollada; sus expectativas, señalando por un lado lo que creía cada grupo que podía aportar a los sectores científico-tecnológicos estratégicos del Plan Canario de I+D+i 2011-2015 y, por el otro, lo que cada grupo esperaba -demandaba- de los otros para enriquecer su investigación.<sup>3</sup>

A partir de las ponencias realizadas por cada uno de los grupos, ponencias que sirvieron de tarjeta de presentación, el consejo gestor de NANOMAC (con la ayuda de un miembro de GRISON y de la gestora del proyecto) elaboró una tabla con la información sistematizada de todas las presentaciones.<sup>4</sup> Esta tabla sirvió para establecer el punto de partida de los grupos de trabajo en cuatro áreas principales, no excluyentes: 1) Materiales avanzados (caracterización teórico experimental); 2) Tratamiento de aguas, pilas de hidrógeno, energía; 3) Salud, biotecnología,

2. Jornadas que tuvieron lugar los días 10 y 11 de octubre de 2011 en el Salón de Actos de las Facultades de Física y Matemáticas de la Universidad de La Laguna (Tenerife). Información disponible en: <http://pe.itccanarias.org/nanomac/eventos/nanomac/i-jornadas-proyecto-estructurante-nanomac/>.

3. Véase <http://agencia.itccanarias.org/es/investigadores/pcidi-2011-2014.html>.

4. Véase el artículo incluido en este dossier: "Asesoramiento de tecnologías en tiempo real: nacimiento y primeros pasos del proyecto NANOMAC", de Andrés Manuel Núñez Castro.

monitorización y biosensores; 4) aspectos sociales y económicos.<sup>5</sup> Cada área fue identificada con un color diferente, generándose así una tabla con aspecto de arco iris. Se constituyó asimismo un grupo de trabajo por área con sus respectivos coordinadores.<sup>6</sup> En la tabla se podía detectar cómo cada color se asociaba a un ambiente disciplinar.

A partir de ese momento, las I Jornadas se configuraron como punto de partida de la creación de grupos de trabajo multidisciplinares formados por equipos de investigación que, sin necesariamente tener “a priori” demasiado en común, pudieran no obstante crear sinergias entre ellos para fomentar la multidisciplinariedad en los proyectos de investigación fomentados desde NANOMAC. Se inició así una metodología incremental en la búsqueda de la multidisciplinariedad. Los grupos de trabajo se han ido reuniendo con el objetivo de concretar proyectos con la suficiente masa crítica como para aspirar con éxito a las distintas líneas nacionales y europeas de financiación de la investigación en el área de nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados.

Uno de los grupos presentes en las Jornadas fue GRISON -Grupo de Investigación Social en Nanotecnología-, constituido en 2010 por investigadores de ciencias sociales y humanidades de varias universidades españolas. Su objetivo principal es el estudio de las repercusiones éticas y socio-ambientales de las nanotecnologías. Mediante dicha investigación se persigue contribuir a la mejora de la transferencia de las mismas y, en síntesis, a un desarrollo responsable y sostenible de las innovaciones nanotecnológicas. Para ello GRISON solicita de los grupos de investigación vinculados a NANOMAC la disponibilidad para ser entrevistados y encuestados sobre su trabajo como fuente de información para la investigación social de las nanotecnologías, así como, más concretamente, para mejorar determinados aspectos organizativos de NANOMAC.

228

### **La metáfora de las tres patas**

Las jornadas van a ser igualmente el contexto a partir del cual surjan las metáforas de la mesa y del arco iris presentes en el título de este trabajo. Durante la presentación, la directora de NANOMAC identificó al proyecto con la metáfora de la mesa de tres patas. Parafraseándola, “el proyecto ha de sostenerse sobre tres patas: la científico-técnica, la económica y la ético-social”.

Mentar la metáfora implica implícitamente reconocer que los proyectos de investigación de naturaleza científico-técnica suelen cojear de la pata “ético-social”. La relevancia política de los proyectos viene determinada por las otras dos, la investigación y el desarrollo en el laboratorio y la aplicabilidad económica en el mercado. Sin embargo, y ésta fue la reclamación que hizo la directora, las políticas

5. Véase <http://pe.itccanarias.org/nanomac/eventos/nanomac/i-jornadas-proyecto-estructurante-nanomac/>.

6. La gestora del proyecto era responsable de articular todos y cada uno de los grupos de trabajo.

de investigación europea y nacional obligan, al menos formalmente, a que la dimensión ético-social sea contemplada en la concepción de los proyectos desde un principio. En las propias conclusiones de las jornadas de NANOMAC se apunta de una manera un tanto auto-sorpresiva en esta dirección al señalar que en NANOMAC incluso tienen cabida los temas sociales.

Siguiendo a Lakoff y Johnson (2004), uno de los objetivos de este trabajo es persuadir de la necesidad de cambiar el contenido de la metáfora de la mesa de tres patas.<sup>7</sup> Una mesa como objeto funcional y estable requiere disponer de unos elementos mínimos (un tablero, unas patas, un mecanismo de ensamblaje) y de una estructura que ponga en una relación determinada todos los componentes imprescindibles y coloque la estructura en el contexto de forma adecuada para asegurar su funcionalidad como mesa, su estabilidad. Una mesa puede, no obstante, ser inicialmente funcional y estable, pero frágil; si los materiales no son los adecuados puede romperse ante cualquier golpe (véase en este sentido el epígrafe que sigue sobre plataformas de preocupación en relación a la nanotecnología). Y es sobre la necesidad de disponer de un material resistente y resiliente de donde surge la necesidad de modificar la naturaleza de la metáfora de las tres patas, de manera que en lugar de que cada pata de la mesa se identifique con una dimensión (científico-técnica, económica o ético-social), la pata y -por extensión- la mesa contengan a las tres dimensiones en su interior. Con ello se aseguraría que desde un principio estén incorporadas las tres dimensiones, de forma que hagan más resistente la mesa. Desde esta perspectiva, NANOMAC se vería como el tablero de la mesa, siendo las patas los proyectos que definen y son definidos por NANOMAC. Respecto al diseño de la mesa, caben distintas representaciones que serían el resultado de la construcción social del proyecto-mesa a través de las reuniones y conclusiones de los grupos de trabajo.<sup>8</sup>

229

Quizás la imagen que mejor represente la metáfora sea un diseño con barras que conecten las patas en la parte inferior de las mismas, barras que darían estabilidad a una mesa resistente y resiliente y que servirían de hilo conductor de los distintos proyectos que se articulan a través del tablero NANOMAC. La mesa es flexible, pudiéndosele añadir o quitar patas (proyectos) y colocarlas de manera diferente según las circunstancias. El énfasis estaría puesto en el material -en la composición de las tres dimensiones: científico-técnica, económica y ético-social- que hace consistente y resiliente a la mesa.

Una vez persuadido de la necesidad del cambio de naturaleza de la metáfora, el reto estaría en la construcción artesanal de la mesa -en la composición y riqueza del

7. "La capacidad de comprender la experiencia por medio de metáforas es como si fuera uno más de los sentidos, como ver, tocar u oír, como si las metáforas proporcionaran la única manera de percibir y experimentar muchas cosas en el mundo" (Lakoff y Johnson, 2004).

8. Por ejemplo, en una representación de la mesa con un diseño tubular circular (por ejemplo, dos estructuras circulares conectadas por un tubo) los proyectos se identificarían con la base inferior de la mesa. Base inferior que se idearía como pool de proyectos, fluyendo en una doble dirección: proyectos que definen y que son definidos en función de las necesidades y fuentes de financiación.

material y en el mecanismo de ensamblaje- mediante la acertada combinación de aprendizajes de los investigadores: aprender haciendo, escuchando y observando.<sup>9</sup>

La propuesta de transformar la metáfora se hace desde la posición del dramaturgo tecnológico, quien, frente al taumaturgo que cree haber hecho milagros o aspira a hacerlos, siempre recuerda que no hay ganancia sin pérdida (Virilio, 1997). Una posición de dramaturgo que para el caso que nos incumbe podría venir refrendada por declaraciones como las de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (EPA, por sus siglas en inglés), que reconoce que “bajo condiciones específicas, la nanotecnología y los nanomateriales presentan riesgos potenciales para los humanos y para el medio ambiente” (EPA, 2009: 5).

### **Plataformas de preocupación: la nanotecnología como amenaza**

La posición de dramaturgo tecnológico vendría igualmente revalidada por las diferentes plataformas de preocupación sobre la nanotecnología identificadas en los siguientes ámbitos: gubernamental; salud y riesgo laboral; ecologista y organizaciones civiles; y aseguradoras.

El planteamiento de este trabajo es el siguiente: identificar las amenazas suscitadas por dichas plataformas de preocupación y convertirlas en oportunidades de investigación, teniendo como referencia la redefinida metáfora de la mesa y sus tres componentes constituyentes (ético-social, científico-técnico y económico). En concreto, el objetivo sería identificar en los interrogantes suscitados desde las distintas plataformas un espacio de opciones para NANOMAC a través del potencial de proyectos de investigación surgidos en los campos de la nanotoxicología, los riesgos laborales y los riesgos ambientales, así como en los ámbitos ético, legal y social.

Una primera plataforma de preocupación como espacio de opciones la proporciona la gubernamental, en concreto la EPA y su oficina de I+D (ORD, por sus siglas en inglés) (EPA, 2009b). La ORD ha identificado un listado de incógnitas científicas ligadas a cuatro áreas clave de investigación sobre nanotecnología. En esas incógnitas estaría una fuente de oportunidades para NANOMAC, como sugieren los ejemplos que se presentan a continuación.

*> Incógnitas científicas del área de investigación “Origen, destino, transporte y exposición de los nanomateriales”:*

- ¿Qué nanomateriales tienen alto potencial de liberación desde una perspectiva de ciclo de vida?
- ¿Qué tecnologías existen, pueden ser modificadas o deben ser desarrolladas para detectar y cuantificar nanomateriales artificiales en el medio ambiente o en muestras biológicas?

9. Se agradece a Clara Barroso sus aportaciones sobre la metáfora.

- ¿Cuáles son los principales procesos/propiedades que regulan el destino ambiental de los nanomateriales artificiales, y cómo están relacionados con las propiedades físicas y químicas de dichos materiales?
- ¿Qué exposiciones implicarían la liberación de nanomateriales artificiales?

> *Incógnitas científicas del área de investigación “Estudio sobre evaluación de riesgo y métodos de análisis en salud humana y ecología”:*

- ¿Cuáles son los efectos de los nanomateriales artificiales y sus aplicaciones en receptores humanos y ecológicos, y cómo pueden ser cuantificados y pronosticados estos efectos?

> *Incógnitas científicas del área de investigación “Métodos y estudios de caso sobre evaluación de riesgo”:*

- ¿Necesitan modificarse los enfoques de las agencias gubernamentales a fin de incorporar las especiales características de los nanomateriales artificiales?

> *Incógnitas científicas del área de investigación sobre “Eliminación y mitigación de riesgos”:*

- ¿Qué tecnologías o destrezas pueden ser aplicadas a la hora de minimizar los riesgos de los nanomateriales artificiales a lo largo de su ciclo de vida, y cómo los usos beneficiosos de la nanotecnología pueden ser maximizados en la protección ambiental?

231

En esta misma línea, la propia Estrategia de Investigación sobre Nanomateriales de la EPA (NRS, por sus siglas en inglés) (EPA, 2008) puede ser identificada como potencial fuente de inspiración de NANOMAC. En el anexo de dicha estrategia figura una extensa tabla sobre necesidades investigadoras que se han identificado a partir del Libro Blanco de la EPA sobre los problemas de la nanotecnología. En esta tabla se hace una distinción entre necesidades investigadoras actuales, a corto y a largo plazo. A título de ejemplo veamos algunas de las cuestiones planteadas que podrían servir de fuente de inspiración para NANOMAC:

- ¿Qué propiedades físicas y químicas y mediciones de dosis correlacionan mejor con la toxicidad (local y sistémica; aguda y crónica) de los nanomateriales producidos de manera deliberada siguiendo distintas vías de exposición? (Investigación actual sobre Evaluación de los Efectos en la Salud Humana)
- ¿Hasta qué punto será necesario adaptar los protocolos de investigación a tipos específicos y pautas de utilización de cada nanomaterial? ¿Pueden las propiedades y los efectos ser extrapolados a la misma clase de nanomateriales? (Investigación a corto plazo sobre Evaluación de riesgos)
- ¿Son adecuadas las tecnologías y dispositivos de control de filtraciones durante la manufactura y uso de los nanomateriales? ¿Pueden adaptarse las tecnologías

convencionales para controlar las filtraciones de los nanomateriales? (Investigación a largo plazo sobre Reducción y Mitigación de la Liberación y la Exposición)

Un segundo ejemplo de preocupación gubernamental lo proporcionan diversos informes de la Unión Europea (UE):

“La I+D necesita tomar en consideración los impactos de las nanotecnologías a través de sus ciclos de vida utilizando, por ejemplo, las herramientas de la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV en adelante) con el objetivo de evaluar cómo un producto o material desde el inicio de la producción hasta el final de su vida afecta a los ecosistemas y a la salud humana” (EC 2008: 5).

En las propias sugerencias de algunos informes de UE (EC et al, 2007) se vislumbra un inventario de oportunidades para NANOMAC y para la Plataforma Tecnológica de Canarias. Éstos señalan que la academia puede eventualmente apoyar la aplicación y uso de la ECV a nanoprodutos y nanomateriales a través de un conjunto amplio de acciones que incluyan el establecimiento de bases de datos de estudios de caso ECV en nanotecnología y nanoprodutos, y llevar a cabo investigaciones en métodos ECV aplicados a la nanotecnología y nanoprodutos. Por otro lado, para los mismos informes, la industria puede potencialmente apoyar la aplicación y uso de la ECV a nanoprodutos y nanomateriales a través de un amplio conjunto de acciones que incluyan: el uso de los resultados de la ECV en el diseño de productos perfeccionados; cofinanciar investigación en el desarrollo de métodos ECV en la identificación de los impactos de dosis específicas a las nanotecnologías; cofinanciar investigación sobre los efectos tóxicos de nanomateriales específicos; cofinanciar investigación en ciencias sociales sobre opinión pública de la nanotecnología y desarrollar estrategias efectivas de comunicación sobre el riesgo, utilizando datos de las ECV; crear activamente mecanismos para compartir datos confidenciales sin comprometer la competitividad.

232

Una segunda plataforma de preocupación surge desde el campo de la salud y los riesgos laborales. Un ejemplo de un espacio de oportunidades para NANOMAC lo proporciona el Instituto Canadiense de Investigación sobre Salud y Seguridad del Trabajo (IRSST por sus siglas en francés) con algunas de sus directrices de investigación sobre la nanotecnología: desarrollar estrategias y métodos de evaluación de las exposiciones; desarrollar tecnologías, herramientas de control y equipos de protección individual; desarrollar indicadores para monitorizar la exposición biológica, evaluando y gestionando riesgos sobre la salud, y previniendo el desarrollo de enfermedades laborales (IRSST 2008, 2009).

En esta misma línea véanse los títulos de algunos de los proyectos de investigación del IRSST: Revisión de la literatura sobre los riesgos de la salud relacionados con nanomateriales y el desarrollo de un mecanismo de monitorización estratégica (IRSST 2004); Desarrollo de una guía de buenas prácticas para el manejo seguro de las nanopartículas (Ostiguy et al, 2006); Desarrollo de experiencia técnica en metrología y en la generación de nanopartículas y partículas ultrafinas (Cloutier



2009); Desarrollo de un procedimiento de medición de la efectividad de los filtros que captan nanopartículas (Haghighat et al, 2009); Caracterización y control de la exposición laboral a las nanopartículas (Dufresne et al, 2009); Procedimiento para medir y controlar las nanopartículas (Songmene et al, 2009); Contribución de la nanoscopia al muestreo y a la caracterización fisicoquímica de las nanopartículas (Zayed et al, 2009); Desarrollo de un enfoque integrado para el desarrollo seguro de los nanomateriales (Emond, 2011).

Una tercera plataforma de preocupación la proporciona el mundo ecologista y el de la sociedad civil. Una muestra del mundo ecologista lo representa la organización Amigos de la Tierra Internacional (FoE, por sus siglas en inglés). Investigaciones de la FoE han puesto de manifiesto cómo la industria de la nanotecnología ha exagerado muchas de sus promesas. Un ejemplo: los costes energéticos y ambientales de la creciente nanoindustria son mucho mayores de los esperados. La investigación revela que muchos de los productos diseñados para ahorrar energía producen de hecho mayores emisiones y mayores demandas energéticas si se toma en cuenta todo el ciclo de vida del producto. FoE pide que se priorice la investigación sobre análisis del ciclo de vida y las demandas energéticas de la nanoproducción (*Friends of the Earth*, 2010).

Desde el ámbito de la sociedad civil, un primer ejemplo lo constituye el Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración (Grupo ETC). El Grupo ETC es una organización internacional de la sociedad civil que trabaja investigando los impactos ambientales, sociales y económicos relativos a nuevas tecnologías a nivel global. Investigan entre otras cuestiones el desarrollo de nuevas tecnologías, entre ellas la nanotecnología, a la que han dedicado un importante número de informes críticos. El Grupo ETC lleva nueve años reclamando una moratoria sobre la investigación de nanotecnología y la liberación de nuevos productos comerciales hasta que se establezcan protocolos de laboratorio y regímenes regulatorios para proteger a los trabajadores y los consumidores y hasta que se demuestre que esos materiales son seguros. Un posicionamiento de ETC sobre los nanomateriales puede resumirse en esta frase “al permitir que los productos de la nanotecnología lleguen al mercado sin que haya habido un debate público y una supervisión regulatoria, los gobiernos, las agroempresas y las instituciones científicas ya pusieron en peligro los beneficios potenciales de las tecnologías nanoscópicas” (ETC, 2010).

Entre otros aspectos, el informe concluye que la industria está cada vez más nerviosa con respecto a los impactos sobre la salud y el rechazo de la opinión pública. Esta preocupación conecta estrechamente con otra plataforma de preocupación, el de las aseguradoras. En su último informe, el Grupo ETC señala que “las autoridades responsables (...) están comenzando a reconocer (...) que la nanotecnología llegó de manera acelerada (...), y que se necesita cierta forma de regulación para enfrentar al menos algunos de los riesgos que plantea” (ETC, 2010). El problema para este grupo es que “tanto los gobiernos como la industria han llegado demasiado lejos e invirtieron mucho como para renunciar a la promesa de la nanotecnología de convertirse en la plataforma estratégica para el control mundial de las manufacturas, los alimentos, la agricultura y la salud” (ETC, 2010).

Un segundo ejemplo dentro de este mismo marco de preocupación lo constituyen los Principios para la Vigilancia de la Nanotecnología y los Nanomateriales, una publicación conjunta de una amplia coalición internacional de organizaciones de consumidores, defensores de la salud pública, el medio ambiente, trabajadores y organizaciones de la sociedad civil (ETC et al, 2007). Las frases que siguen, extractadas de los Principios, son toda una declaración de potenciales oportunidades para la investigación: las agencias gubernamentales carecen de herramientas costo-eficacia y mecanismos para detectar, monitorizar, medir y controlar los nanomateriales manufacturados, sin contar la carencia de medios capaces de eliminarlos del medioambiente; las evaluaciones de riesgo, los mecanismos de supervisión, los parámetros de toxicidad, y los umbrales mínimos utilizados por las leyes ambientales en muchos países, incluyendo los Estados Unidos y la Unión Europea, no están designados para los parámetros de toxicidad de los nanomateriales; las medidas utilizadas en las leyes existentes, como por ejemplo la relación masa y exposición, son insuficientes para los nanomateriales; las leyes existentes carecen de análisis de ciclo de vida y no abordan las lagunas existentes en la normativa. Para los Principios, una gestión ambientalmente sostenible de los nanomateriales debe abordar y corregir estas lagunas en los siguientes términos: una revisión independiente sobre la salud y la seguridad; las nuevas sustancias deben someterse a un monitoreo específico; prevención de la exposición; un ciclo completo del análisis ambiental; etiquetado; participación abierta, significativa y total; inclusión de los impactos éticos y sociales; responsabilidad legal. A ello habría que añadirle mecanismos financieros para compensar o remediar.

234

Una cuarta plataforma de preocupación de la nanotecnología proviene del sector de las aseguradoras. Un ejemplo destacado de lo que significan las oportunidades y los riesgos de la nanotecnología lo constituye la iniciativa *CRO Forum's Emerging Risks*, iniciativa lanzada en 2005 por un importante sector del mundo de las aseguradoras y reaseguradoras -AIG, Allianz, AXA, Generali, Hannover Re, Munich Re, RSA, Swiss Re y Zurich Financial Services Group- con el objetivo de cobrar conciencia sobre los principales riesgos emergentes para la sociedad y la industria del seguro. En 2010 presentaron un informe sobre la nanotecnología, y en él mantienen la voluntad de colaborar con otros actores de la nanotecnología a fin de solventar el déficit de conocimiento en cuatro áreas clave: Riesgo y análisis de normas de seguridad; Investigación sobre medio ambiente, salud y los riesgos sobre seguridad; Armonización reglamentaria; y Evaluación de riesgos sobre patentes. El interés primordial de la industria del seguro es conseguir una mayor comprensión de los riesgos de la nanotecnología con el fin de promover conocimiento, gestión de riesgo y sobre todo asegurabilidad (CRO Forum, 2010).

Swiss Re, una de las compañías participantes en el CRO Forum, podría servir de exponente del dramaturgo tecnológico al explicitar públicamente las similitudes que pueden existir entre los nanomateriales y el polvo de amianto. Así lo reflejaba en 2004 en uno de sus informes (Hett, 2004) y volvía a insistir en ello en 2006 en boca de uno de sus directivos en una conferencia sobre gobernanza del riesgo de la nanotecnología (Schaad, 2006). En la presentación, Schaad destaca la secuencia del problema del polvo de amianto empezando con las primeras advertencias que se realizaron sobre las consecuencias adversas del amianto para la salud (primer

decenio del siglo XX); pasando por la creciente evidencia de la presencia de cáncer de pulmón a consecuencia de la exposición del polvo de amianto, todo ello en un contexto en donde los intentos para limitar y controlar la exposición fueron fallidos (período que va de la década de los 30 al final de los 70 del siglo XX); hasta la creciente presión para reforzar el control y prohibir toda forma de amianto (desde los 70 hasta hoy). En Estados Unidos aún hoy siguen en curso reformas legales sobre la responsabilidad del amianto. La presentación finaliza con un interrogante sobre una potencial analogía entre el problema que originó el polvo de amianto y el que pueda provocar los nanomateriales. La posición de dramaturgo tecnológico se refuerza con la naturaleza política y económica del caso del polvo de amianto cuando “las alertas tempranas -e incluso alertas «insistentes y tardías»- fueron efectivamente desoídas por los responsables de la toma de decisiones debido a interacciones económicas y políticas a corto plazo” (AEMA, 2002).

Como cierre del inventario de los ámbitos de preocupación sobre la nanotecnología, son de utilidad para el objetivo de este trabajo las reflexiones que realiza Rosenberg (1979) sobre los mecanismos que inducen el cambio técnico. En su aproximación histórica al proceso del cambio técnico, Rosenberg identifica diversos mecanismos que sirven como poderosos agentes a la hora de formular problemas técnicos y enfocar la atención sobre ellos de un modo imperioso. La nanotecnología es una tecnología compleja que crea compulsión y presiones internas; presiones internas que sin duda pueden iniciar la actividad investigadora en direcciones determinadas. Las plataformas de preocupación y sus interrogantes pueden asemejarse a fuerzas que proporcionan motivaciones al cambio técnico, fuerzas actuantes que empujan de hecho la actividad investigadora en direcciones concretas. Véanse pues las plataformas como un sumatorio de algunos de los mecanismos de inducción del cambio técnico apuntados por Rosenberg: desequilibrio técnico, legislación y regulación coactiva, experiencias de aprendizaje y otras oportunidades relacionadas con accidentes y otros desastres. Como señala Rosenberg (1979), “pueden existir razones psicológicas por las cuales un estado de cosas en deterioro, o su perspectiva, galvaniza a aquellos afectados en una respuesta más positiva y decisiva que los potenciales movimientos hacia estados mejorados o perfeccionados”.

235

### **Los nanomateriales como oportunidad o cómo negociar el arco iris**

La metáfora del arco iris surge de la necesidad de combinar el vector de colores configurado por la ordenación de los grupos de trabajo surgidos de las jornadas de NANOMAC, la concepción de proyecto originado a partir de la reformulada metáfora de la mesa y el conjunto de interrogantes planteados por las distintas plataformas de preocupación. En este marco metafórico se propone identificar al proyecto como una oportunidad para construir y cultivar resiliencia en la comunidad investigadora mediante proyectos “arco iris”. Ello pasa por la necesidad de un distanciamiento disciplinar como el que señala el profesor Richard Jones, Profesor de Física en la Universidad de Sheffield y presidente del *Nanotechnology Engagement Group* (NEG):

“Los científicos hemos tenido que afrontar el desafío de alejarnos de nuestra rígida especialidad disciplinar, y disputar hipótesis no contrastadas y conocimiento preestablecido... Para científicos como yo, estas nuevas preocupaciones pueden parecer inusitadas, e incluso amenazantes, ya que los debates se desplazan de las preguntas definidas mediante conocimiento puramente técnico a debates en torno a valores” (NEG, 2007: 7).

Una comunidad investigadora resiliente implica contar con investigadores dramaturgos; pasa por responder a preguntas sobre el cómo construir multidisciplinariedad bajo un enfoque dramaturgo teniendo en cuenta que los nanomateriales y la nanotecnología ya están en el mercado y que suponen riesgos potenciales para los humanos y para el medio ambiente (EPA, 2009).

¿Podrían las externalidades negativas surgidas al calor de la dominante concepción taumaturga de la nanotecnología ser internalizadas en proyectos de investigación NANOMAC? En este contexto sería pertinente traer a colación el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente: “Advertencias tempranas, lecciones tardías”. En él se destaca la importancia de disponer de una información fiable y compartida para la toma de decisiones eficaces y la participación de todas las partes afectadas, especialmente en el contexto de la complejidad, la ignorancia, los niveles de riesgo elevados y la necesidad de adquirir un «aprendizaje colectivo». La aceptación, por parte de la sociedad, de los riesgos requiere la participación de la misma en las decisiones que crean y gestionan esos riesgos, incluyendo la consideración de valores, las actitudes y beneficios globales. La elaboración adecuada de políticas relativas a problemas que impliquen a la ciencia requiere, por tanto, algo más que buena ciencia: lo que está en juego son opciones éticas además de económicas (AEMA, 2002).

236

A la hora de abordar la internalización, y teniendo en cuenta las recomendaciones de la AEMA, se bosqueja una iniciativa de transición de la estrategia investigadora de NANOMAC a partir de la adaptación del conocido enfoque de las 3R sobre la gestión de recursos (reciclar, reutilizar, reducir): reciclarse mentalmente (con el necesario esfuerzo de distanciamiento disciplinar); reciclarse ‘hacia arriba’, es decir, que el siguiente uso -el siguiente proyecto- tenga más valor que el actual; reutilizar creativamente los trabajos llevados a cabo; y reducir los ámbitos de investigación si fuera necesario teniendo en cuenta el principio de precaución. Una iniciativa de transición que tendría por objetivo abordar en el medio plazo un enfoque de rediseño de la investigación capaz de plantear proyectos que incorporen desde su propia concepción los componentes ético-social, científico-técnico y económico. La metodología incremental en la construcción del proyecto NANOMAC se propone como vía para poner en práctica la iniciativa de los 3R.

Por tanto la propuesta para NANOMAC sería: negociarse el arco iris, piénsese en proyectos ‘arco iris’ internalizando desde NANOMAC algunas de las preocupaciones suscitadas desde las distintas plataformas de preocupación. Indáguese oportunidades investigadoras desde la posición de dramaturgo, convirtiendo las amenazas en oportunidades.

## Conclusión

El rediseño de la investigación que se propone para NANOMAC requiere una metodología incremental en el proceso del proyecto. Con este fin, y a modo de conclusión, se transcriben algunas de las impresiones que sobre la viabilidad de las metáforas de la mesa y del arco iris ha tenido el autor a partir de las labores de asesoramiento en NANOMAC.

Como punto de partida positivo se ha identificado la tabla de sistematización de la información de los grupos de investigación generada a raíz de las I Jornadas NANOMAC, en concreto la parte relativa a las columnas con las expresiones de interés de los distintos grupos de investigación: lo que aportan y lo que demandan. En la tabla se podía especular de entrada con la multidisciplinariedad al identificar a priori capacidades multidisciplinares combinando las mencionadas columnas. En las reuniones de coordinación del proyecto se han identificado indicadores de avance hacia la multidisciplinariedad a través de la asunción de la tabla como herramienta de trabajo, de la evolución del lenguaje utilizado, de la importancia de la escucha activa, de los efectos de la deliberación en las ideas preconcebidas (enfoques, fuentes de financiación, estrategias). Se reconoce que se está hablando de otra manera, con otra perspectiva.

La experiencia metodológica incremental del proceso NANOMAC ha obligado a los grupos de investigación a sistematizar su historial y ponerlo a disposición del proyecto. Se han vislumbrado diferentes estrategias y fuentes de financiación por si fallaran las primeras. Ello conecta con la idea de crear y cultivar una comunidad investigadora resiliente a partir de la experiencia NANOMAC. Se ha apuntado la necesidad de ser ambicioso con el proceso resultante de forma de que se puedan generar proyectos capaces de resistir golpes como la ausencia de financiación de las fuentes que ahora se tienen en mente (ampliando estrategias de financiación que contemplen la autofinanciación; indagando vías para revisar proyectos previos no financiados mediante un ejercicio de reciclaje creativo, siguiendo criterios de multidisciplinariedad). Se ha debatido sobre distintas estrategias hacia la multidisciplinariedad: a) la estrategia 'de fuera hacia dentro', en la que uno toma cierta distancia de la disciplina de la que proviene y se coloca como evaluador del potencial multidisciplinar de la tabla estableciendo conexiones, creando ámbitos de trabajo a partir de las densidades de dichas conexiones y situando a los investigadores con la suficiente flexibilidad para que se reubiquen; y b) la estrategia 'de dentro hacia fuera' en la que domina el ejercicio natural de las costumbres investigadoras y donde las conexiones están informadas por la historia de colaboraciones previas. De manera más concreta, los pasos propuestos en las reuniones de coordinación podrían identificarse de la siguiente manera: a) definir los proyectos en base a la historia de colaboración y la información de la tabla; b) identificar y contactar grupos de investigación para esos proyectos; y c) identificar investigadores con capacidad de visualizar puentes en los proyectos.

Se percibe y se asume NANOMAC como un útil y necesario espacio de encuentro. Dicho reconocimiento es independiente del enfoque multidisciplinar adoptado. En todo el proceso siempre ha estado presente el temor a forzar ritmos en busca de la

masa crítica, en otras palabras, temor a forzar el proceso multidisciplinar por un positivismo dictado por la necesidad de la concreción y por la variable 'tiempo' -las fechas límites de los proyectos de financiación a los que se aspiran. También temor a que no se produzca el distanciamiento necesario al que aludía el profesor Jones, para que quepan proyectos cuya concepción esté informada desde el inicio por los tres componentes ético-social, científico-técnico y económico, y por los interrogantes planteados por las distintas plataformas de preocupación sobre la nanotecnología y los nanomateriales. Sería razonable y responsable aprehender la oportunidad que tiene NANOMAC para convertir el problemático estado de los nanomateriales en una respuesta más positiva y decisiva que seguir abundando en sus riesgos. La concepción de proyecto estructurante pone a NANOMAC y a sus responsables ante un comprometido y arduo reto.

## Bibliografía

AEMA (2002): *Lecciones tardías de alertas tempranas: el principio de cautela, 1896-2000. Algunos puntos a modo de resumen*, Copenhague.

CLOUTIER, Y., BAHLOUL, A., OSTIGUY, C., ROBERGE, B., LARA, J (2009): *Development of expertise in metrology and in the generation of nanoparticles and ultrafine particles*, 0099-8810, IRSST, Montreal.

238

CRO Forum (2010): *Nanotechnology, CRO briefing Emerging Risks Initiative , Position Paper*. Disponible en: [http://media.swissre.com/documents/CRObriefing\\_Nanotechnology\\_Nov2010.pdf](http://media.swissre.com/documents/CRObriefing_Nanotechnology_Nov2010.pdf).

DUFRESNE, A., WEICHTHAL, S., TARDIF, R. (2009): *Characterization and control of occupational exposure to nanoparticles*, 0099-7890 IRSST, Montreal.

EC (2008): *EU nanotechnology R&D in the field of health and environmental impact of nanoparticles*. Disponible en: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/final-version.pdf>.

EC (2010): *Understanding Public Debate on Nanotechnologies Options for Framing Public Policy*. Disponible en: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/understanding-public-debate-on-nanotechnologies\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/understanding-public-debate-on-nanotechnologies_en.pdf).

EMOND, C. (2011), *Development of a nanomaterial safety program based on agreement between the industry and the evaluation of health risks: An integrated approach for the safe development of nanomaterials*, 2011-0008, IRSST, Montreal.

EPA (2008): *Draft Nanomaterial Research Strategy (NRS)*, Washington. Disponible en: [http://epa.gov/ncer/nano/publications/nano\\_strategy\\_012408.pdf](http://epa.gov/ncer/nano/publications/nano_strategy_012408.pdf).

EPA (2009a): *Nanoscale Materials Stewardship Program*, Washington.

EPA (2009b): *Nanomaterial Research Strategy*. Disponible en: [http://www.epa.gov/nanoscience/files/nanotech\\_research\\_strategy\\_final.pdf](http://www.epa.gov/nanoscience/files/nanotech_research_strategy_final.pdf).

ETC (2003): *¡El tamaño sí importa! Más evidencia para una moratoria global*, Ottawa. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/163/01/spano\\_small\\_matterii.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/163/01/spano_small_matterii.pdf).

ETC (2003): *La inmensidad de lo mínimo: Tecnologías que convergen en la nanoescala*, Ottawa. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/170/01/atomtec1.pdf>.

ETC (2004): *La invasión invisible del campo: impacto de las tecnologías de nanoescala en la alimentación y la agricultura*, Ottawa. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/82/02/invasin\\_campo.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/82/02/invasin_campo.pdf).

ETC (2005): *Potenciales repercusiones de las nanotecnologías en los mercados de productos básicos: consecuencias para los países en desarrollo dependientes de productos básicos*, Ottawa. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/599/01/nanotechsouth\\_centre\\_\\_spanish.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/599/01/nanotechsouth_centre__spanish.pdf).

ETC (2005): *Manual de bolsillo en tecnologías nanoescalares ...y la "teoría del little bang"*, Ottawa. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/56/01/nr\\_etc\\_spa20\\_01\\_2006.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/56/01/nr_etc_spa20_01_2006.pdf).

ETC (2006): *Nanotech Rx - Medical Applications of Nano-scale Technologies: What Impact on Marginalized Communities?*, Ottawa. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/593/01/etc06nanotechrx.pdf>.

ETC (2010): *¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica*, Ottawa. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf\\_file/Nanogeopol%C3%ADtica\\_4webSep2011.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/Nanogeopol%C3%ADtica_4webSep2011.pdf).

ETC (2001): Nuevo informe sobre las tecnologías de nanoescala: Pequeña contribución del Grupo ETC a la gran conversación en el Foro Social Mundial en Dakar, Ottawa. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf\\_file/NR10Feb11NanoWSF\\_SPANISH.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/NR10Feb11NanoWSF_SPANISH.pdf).

ETC et al (2007): *Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials*, Washington. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/652/01/principles-for-the-oversight-of-nanotechnologies-and-nanomaterials.pdf>.

WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTER FOR SCHOLARS (2007): *Nanotechnology and Life Cycle Assessment*, Washington, 2-3 Octubre 2006. Disponible en: [http://www.nanotechproject.org/file\\_download/files/NanoLCA\\_3.07.pdf](http://www.nanotechproject.org/file_download/files/NanoLCA_3.07.pdf).

FRIENDS OF THE EARTH (2010): *Nanotechnology, climate and energy: over-heated promises and hot air?*. Disponible en: [http://www.foeeurope.org/publications/2010/nano\\_climate\\_energy\\_nov2010.pdf](http://www.foeeurope.org/publications/2010/nano_climate_energy_nov2010.pdf).

HAGHIGHAT, F., BAHLOUL, A. y LARA, J. (2009): *Development of a procedure for measuring the effectiveness of filters for collecting nanoparticles*, IRSST 0099-7920, IRSST, Montreal.

HETT, S. W. (2004): *Nanotechnology, small matter, many unknowns*, Swiss Re, Zurich.

IRSST (2008): *Health Effects of Nanoparticles*.

IRSST (2009): *Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management*.

LAKOFF, G. y JONSON, M. (2004): *Metáforas de la vida cotidiana*, Madrid, Cátedra.

NADEAU, S., VIAU, C., CAMUS, M., HALLÉ, S. y ATEME-NGUEMA, B. (2011): *Development of a tool for the assessment or adaptive evaluation of the human health risks posed by synthetic nanoparticles*, 2011-0007, IRSST, Montreal.

NEG (2007): *Democratic technologies? The final report of the Nanotechnology Engagement Group*.

OSTIGUY, C. (2006): *Development of a best practices guide for the safe handling of nanoparticles*, 0099-5950, IRSST, Montréal.

240 OSTIGUY, C., LAPOINTE, G., MÉNARD, L., CLOUTIER, Y., TROTTIER, M., BOUTIN, M., ANTOUN, M. y NORMAND, C. (2006): *Nanoparticles: Current Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures*, Studies and Research, IRSST, Report R-470, Montreal. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-470.pdf>.

OSTIGUY, C., SOUCY, B., LAPOINTE, G., WOODS, C. y MÉNARD, L. (2008): *Health Effects of Nanoparticles*, Studies and Research Projects / Report R-589, IRSST, Montreal. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-589.pdf>.

OSTIGUY, C., ROBERGE, B., MÉNARD, L. y ENDO, C. (2009): *Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management*, Studies and Research Projects / Report R-599, IRSST, Montreal. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-599.pdf>.

ROSENBERG, N. (1979): *Tecnología y Economía*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili.

SCHAAD, W. (2006): *Nanotechnology. Swiss Re's Perspective and Expectations*, IRGC 2006, Conference "The Risk Governance of Nanotechnology, Recommendations for Managing a Global Issue", Zurich. Disponible en: [http://www.irgc.org/IMG/pdf/Werner\\_Schaad\\_Swiss\\_Re\\_s\\_Perspective\\_and\\_Expectations\\_.pdf](http://www.irgc.org/IMG/pdf/Werner_Schaad_Swiss_Re_s_Perspective_and_Expectations_.pdf).



SONGMENE, V., MASOUNAVE, J., VIENS, M., HALLÉ, S. y MORENCY, F. (2009): *Procedure for measuring and controlling manufactured nanoparticles*, -0099-7860, IRSST, Montreal.

VIRILIO, P. (1997): *El ciber mundo. La política de lo peor*, Madrid, Cátedra.

ZAYED, J., L'Espérance, G., Truchon, G., Cloutier, Y. y Kennedy, G. (2009): *Contribution of nanoscopy to the sampling and physicochemical characterization of nanoparticles* - 0099-7260, IRSST, Montreal.